

***PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE
LOS PROYECTOS DE CALIDAD AMBIENTAL. CASO: PROYECTOS
DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES MUNICIPALES.***

Presentado por:

Sergio Santos Cañizares Arango

Trabajo de grado para optar al Título de Magister Scientiae en Gestión de Recursos
Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudio de Impacto Ambiental)

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2014**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	IX

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Objetivos.	2
1.3.1 Objetivo general.	2
1.3.2 Objetivos específicos.	2
1.4 Justificación.	4
1.5 Alcances.	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 Bases conceptuales.	7
2.1.1 Desarrollo Sustentable.	7
2.1.2 Sostenibilidad.	7
2.1.3 Proyecto.	7
2.1.4 Toma de decisiones.	10
2.1.5 Proyecto de Calidad Ambiental.	10
2.1.6 Proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.	10
2.1.7 Aguas Residuales.	10
2.1.8 Aguas residuales municipales.	10
2.1.9 Aguas residuales industriales	11
2.1.10 Características de las aguas residuales.	12
2.1.11 Análisis ambiental.	14
2.1.12 Análisis financiero-económico.	14
2.1.13 Análisis social.	16
2.1.14 Análisis de sostenibilidad.	17
2.2 Revisión bibliográfica de antecedentes y metodologías de análisis.	17
2.2.1 Antecedentes.	17
2.2.2 Análisis ambiental.	24
2.2.3 Análisis Financiero-Económico	31
2.2.4 Análisis social.	36
2.4.5 Metodologías para la selección de tecnologías de tratamiento.	38
2.4.6. Metodologías para toma de decisiones en función de la sostenibilidad del proyecto.	41

APÉNDICE 4.1. Posibles impactos ambientales que presentan las diferentes tecnologías para tratamiento de aguas residuales.	121
APÉNDICE 5.1. Caracterización ambiental del caso de estudio.	131
APÉNDICE 5.2. Procedimiento para realizar los cálculos del análisis económico-financiero.	139
APÉNDICE 5.3. Ponderación particular de los análisis: ambiental, financiero, económico y social.	146

ICA.	
Tabla 5.7 Calculo del ICA.	86
Tabla 5.8. Evaluación ambiental de los distintos tratamientos, usando la metodología RIAM	87
Tabla 5.9. Aspectos a considerar en el análisis financiero.	89
Tabla 5.10. Cálculo el valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis financiero	90
Tabla 5.11. Cálculo del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis económico	91
Tabla 5.12. Calculo de Beneficio ambiental.	92
Tabla 5.13. Comparación de costo anual equivalente (CAE) con el beneficio ambiental.	92
Tabla 5.14. Distribución de la equidad.	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Momento	63
Valor del impacto ambiental potencial	65
Ecuaciones de la matriz RIAM	69
Valor presente de los costos	71
Costo Anual Equivalente	71
Factor de recuperación del capital	71
Precio económico	72

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios Todopoderoso y a mi Abuelo Gabriel, quien fuera un gran ejemplo en el transcurso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Ángela María, sin su apoyo no hubiera conseguido este logro.

A mi novia Daniella, por su paciencia y compañía.

A mis tutores por su tiempo y enseñanzas.

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El saneamiento ambiental constituye hoy en día una prioridad en los países desarrollados y en vías de desarrollo. El consumo masivo de los recursos naturales para obtener materias primas y cubrir las necesidades de los seres humanos, ha llevado a la contaminación ambiental a un grado tal, que ya no se puede hablar en términos de mitigación o de protección, hoy en día se habla de recuperación y saneamiento. Uno de los recursos que se ve más afectado dentro de este proceso de polución, es el agua. Su demanda en estado apto para el consumo cada vez es mayor y la forma en que este recurso se maneja actualmente, en términos generales, no es apropiada, lo que desmejora su calidad cada vez más. Dado esto, es notorio que la depuración del agua es un factor importante para la salud pública de un país, puesto que el mejoramiento en la calidad del agua representa una disminución en las enfermedades de origen hídrico.

Es evidente que el proceso de crecimiento de un país está atado a las inversiones que en él se realicen y en la forma en que se administren esas inversiones. Esto, en los proyectos se interpreta como efectividad y eficiencia a la hora de cumplir los objetivos. Muchas veces los proyectos de calidad ambiental referentes al tratamiento de efluentes domésticos no cumplen sus objetivos y además no perduran en el tiempo, terminando en fracaso. En este sentido la investigación que se realizó está relacionada con el análisis de sostenibilidad de proyectos de tratamiento de efluentes domésticos.

En el presente capítulo se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y los alcances de la investigación.

1.2 Planteamiento del problema.

Todos los proyectos sin excepción deben analizarse bajo la óptica de la sustentabilidad. La misma se representa como un triángulo cuyos lados contienen:

1. Lo social, cuyo paradigma es la equidad. Es decir, a quienes les llegan los beneficios y costos de un proyecto.
2. Lo ambiental, que representa tanto el daño que podría generarse en el ambiente, junto con las medidas que deben aplicarse para controlar dicho daño, como el beneficio que se obtendría.
3. Lo económico-financiero, en donde se deben analizar los costos y beneficios, para determinar si el proyecto es viable o no.

La mayoría de los proyectos no se estudian desde esa perspectiva integral, sino que son analizados tomando en cuenta solamente uno o dos componentes. Por otro lado, los profesionales que realizan proyectos, en términos generales, no poseen un conocimiento adecuado en técnicas de formulación y evaluación, así se corre el riesgo de tener proyectos incapaces de sostenerse por sus propios medios, generando con esto un gasto mayor al promotor y por ende un atraso, e incluso inconformidades sociales, la Figura 1.1 muestra lo anteriormente mencionado en un árbol de problemas.

1.3 Objetivos.

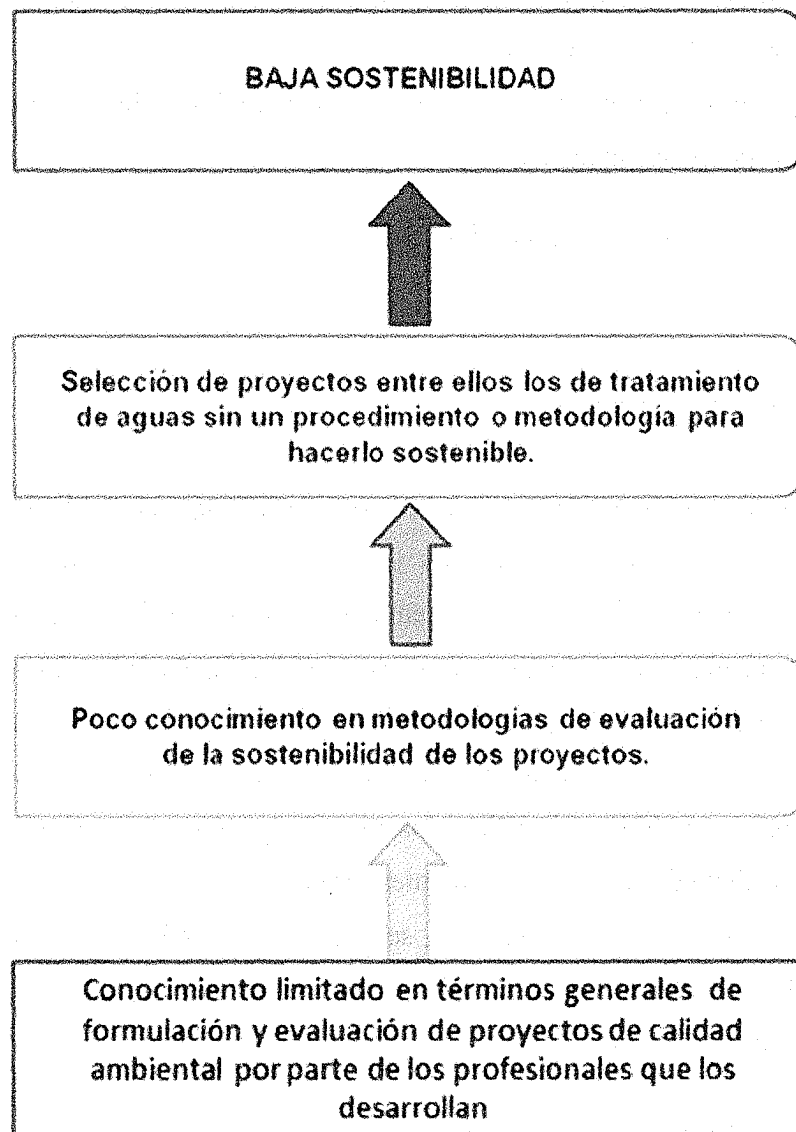
Con base al árbol de problemas, a continuación se presentan los objetivos derivados del análisis de la Figura 1.1:

1.3.1 Objetivo General

Contribuir a la selección de proyectos de calidad ambiental dirigidos al tratamiento de efluentes municipales, bajo una óptica de sostenibilidad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Proponer una metodología para la ejecución del análisis ambiental de los proyectos de calidad ambiental en el caso específico de efluentes domésticos.
- Presentar una metodología para la ejecución del análisis social de los proyectos arriba mencionados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.1. Árbol de problemas.

- Plantear una metodología para la ejecución del análisis económico-financiero de los proyectos señalados.
- Formular una metodología para la ejecución del análisis de sostenibilidad de los proyectos aludidos.

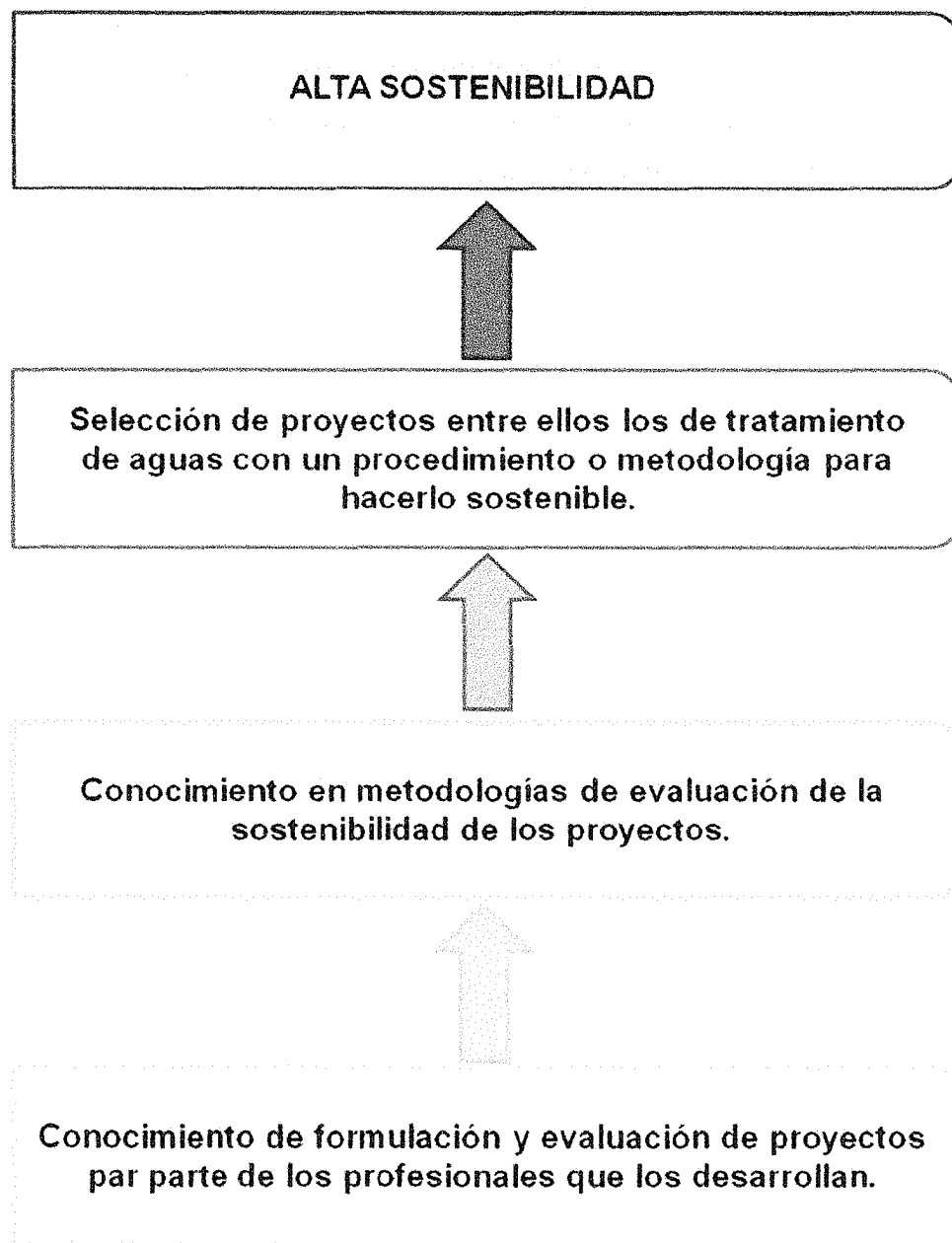
La Figura 1.2 muestra el árbol de objetivos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Todos los proyectos que tienen que ver con el sector agua potable y su saneamiento deben ser formulados, estructurados y evaluados desde una perspectiva amplia, mostrando cada uno de los requerimientos y tareas necesarias para que no solamente cumplan sus objetivos, sino que además sean amigables con el ambiente, beneficien a las clases más necesitadas y sean factibles económica y financieramente. El éxito de las inversiones, viene sujeto a una buena asignación de los recursos económicos. Para esto es imprescindible identificar los mejores proyectos, y es precisamente aquí donde el trabajo de investigación planteado tiene su importancia, ya que a través del procedimiento que se va a mostrar, se podrán ampliar los conocimientos sobre el desarrollo del análisis de sostenibilidad y reducir los riesgos de fracaso de los proyectos de calidad ambiental.

1.5 ALCANCES

- El procedimiento formulado en el trabajo de investigación será planteado para proyectos de calidad ambiental, específicamente el caso de tratamiento de efluentes domésticos a nivel de perfil.
- El trabajo será una guía general para que se evalúe cualquier método o tecnología de tratamiento de efluentes municipales a ser aplicada, no va dirigido a algún sistema de tratamiento en específico.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.2. Árbol de objetivos.

- Se trabajará con un caso de estudio con el fin de ilustrar cada uno de los pasos que serán propuestos.
- Se considerará que las industrias establecidas en la poligonal urbana del caso de estudio, cumplen con la adecuación para el manejo de los efluentes procedentes de su actividad.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se establecerán los conceptos clave o básicos para comprender el trabajo a cabalidad y se presentará la revisión bibliográfica correspondiente a los antecedentes de este tipo de investigación, así como las metodologías existentes para los análisis ambiental, financiero-económico, social y de toma de decisiones.

2.1 Bases conceptuales.

2.1.1 Desarrollo Sustentable.

El concepto de desarrollo sustentable se hizo conocido mundialmente a partir del informe “Nuestro Futuro Común”, publicado en 1987 con motivo de la preparación a la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992; la comisión mundial para el ambiente y desarrollo establecida por las naciones unidas define el desarrollo sustentable como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

2.1.2 Sostenibilidad.

Es la capacidad de un determinado proyecto, para mantenerse funcionando en el tiempo, utilizan sus propios recursos, y ofreciendo un servicio para las generaciones actuales y futuras.

2.1.3 Proyecto.

Pérez (2013), establece que el proyecto es un conjunto autónomo de inversiones, políticas y medidas institucionales y de otra índole diseñadas para lograr un objetivo (o conjunto de objetivos), de desarrollo en un período determinado, o solucionar un problema o satisfacer una necesidad.

Las etapas de un proyecto según Márquez y Pérez (2013) son:

1. **Visualización:** Según la RAE visualizar consiste en imaginar con rasgos visibles algo que no se tiene a la vista; llevando este concepto al término “visualización del proyecto”, esta etapa consistiría en la formulación inicial del conjunto de actividades a ejecutar para solventar uno o más problemas, a objeto de satisfacer una necesidad o para aprovechar una oportunidad. Para esto unos de los mecanismos más utilizados son: el marco lógico o los análisis FODA (Fortalezas-Oportunidades-Debilidad-Amenazas) y otras herramientas que se toman en cuenta en el proceso de planificación. Así pues, esta etapa está referida a la develación de una intención por parte de un promotor para ejecutar un conjunto de actividades a objeto de dar solución a un problema o aprovechar una oportunidad. Cárdenas (2010), expresa que la etapa de visualización al principio de un proyecto debe satisfacer tres objetivos principales:

- Establecer los objetivos y propósitos del proyecto.
- Verificar la alineación de los objetivos del proyecto con las estrategias de la empresa.
- Desarrollo preliminar de las alternativas de proyecto (que incluye estimación de costos y evaluación de prefactibilidad técnica y económica o financiera para proseguir con el proyecto).

2. **Conceptualización:** Cárdenas (2010), señala que los productos de la etapa de visualización, constituyen el insumo de trabajo para continuar con el desarrollo del proyecto y ejecutar la etapa siguiente, la de conceptualización; el propósito de esta etapa es la selección de la(s) mejor(es) opción(es) a ejecutar en el proyecto, y la mejora en la precisión de los estimados de costos y tiempos de implantación antes visualizados. Esto con los propósitos de: reducir la incertidumbre y cuantificar los riesgos asociados, determinar el valor esperado para la(s) opción(es) selecciona(s) y ejecutar una estimación de costos. Básicamente esta etapa de formulación del proyecto busca cumplir dos objetivos principales:

- Organizarse para las etapas de ingeniería del proyecto.

- Seleccionar la(s) opción(es) preferida(s) (a través de las evaluaciones del sitio y la tecnología y la rentabilidad de las opciones), y solicitar los fondos para ejecutar las actividades que permitan obtener un estimado de costos.
3. **Ingeniería básica:** Esta fase se corresponde a la selección final de la alternativa de proyecto, sobre la cual se efectuó la evaluación del proyecto para determinar su viabilidad, técnica, institucional, económica, social y ambiental, así como los riesgos asociados a su implementación. En este punto se inicia la ingeniería y planificación preliminar de los componentes y actividades que conforman la alternativa de proyecto seleccionada. El objeto final de la ingeniería básica es Preparar la documentación que sirva de base para la ingeniería de detalle y la contratación de la ejecución del proyecto. PDVSA (1999) expone que para lograr desarrollar este objetivo, es necesario ejecutar las siguientes actividades:
- Analizar los riesgos.
 - Precisar el alcance y elaborar el diseño básico.
 - Desarrollar en detalle el plan de ejecución.
 - Preparar el estimado de costos.
 - Evaluar el grado de definición del proyecto.
4. **Ingeniería de detalle:** Como su nombre lo indica, el objetivo final de esta fase es la obtención detallada de la información necesaria para ejecutar y poner en operación el proyecto. Consiste en la especialización de la ingeniería básica, obteniéndose planos y balances finales de cada uno de los componentes que integran el proyecto, descripción y cuantificación tanto de los insumos requeridos como de las actividades a ser ejecutadas, contando incluso con las condiciones de contratación o responsabilidades que deberían internalizar los involucrados en la ejecución del proyecto
5. **Instalación, procura y construcción (IPC):** Hace referencia a la movilización y suministro de materiales y equipos de construcción, la instalación de tuberías y otros accesorios de los distintos componentes del proyecto (respetando en cada caso en particular, la normativa específica) así

como a la ejecución de las actividades constructivas para el emplazamiento de la infraestructura asociada al proyecto.

2.1.4 Toma de decisiones.

Es el proceso mediante el cual se realiza una selección entre varias opciones para resolver diferentes tipos de problemas o situaciones.

2.1.5 Proyecto de Calidad Ambiental.

Pérez (2013), son aquellos que tienen como objetivo recuperar total o parcialmente estos estándares de calidad de tal forma que se restablezca un ecosistema determinado.

2.1.6 Proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Son los proyectos dirigidos al mejoramiento de la calidad de los efluentes emitidos hacia un cuerpo receptor (ríos, lagos, lagunas o el mar), con la finalidad de disminuir el impacto ambiental que pueda producir, mejorar las condiciones de salubridad o buscar una manera de reusar las aguas en función de darle un mejor aprovechamiento.

2.1.7 Aguas Residuales.

Las aguas residuales son las aguas usadas más los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. Se consideran aguas residuales domésticas los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales (Romero, 1999). En Venezuela, las aguas residuales se definen como aguas utilizadas provenientes de una comunidad, industria, granja, hospitales, buques u otro establecimiento (República de Venezuela, 1995).

2.1.8 Aguas residuales municipales.

Romero (1999), señala que las aguas residuales municipales son los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta



© 2005 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 30, 115–121

9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 10

2.1.10 Características de las aguas residuales.

Tchobanoglous (2013), señala que las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual de cada centro urbano varía de acuerdo con los factores externos como: localización, temperatura, origen del agua captada, entre otros; y a factores internos como la población, el desarrollo socioeconómico, el nivel industrial, la dieta en la alimentación, el tipo de aparatos sanitarios, las prácticas de uso eficiente del agua, etc. Igualmente los vertimientos varían en su caudal en el tiempo, presentando a nivel doméstico mayores volúmenes especialmente en horas de comidas y de quehaceres domésticos, y a nivel industrial de acuerdo a los horarios de lavados y descargas en los procesos de producción. Por esta razón cada municipio presenta unas características moderadamente variables en sus vertimientos. El principal contaminador de las aguas residuales domésticas son las heces y la orina humanas, seguido de los residuos orgánicos de la cocina; estas presentan un alto contenido de materia orgánica biodegradable y de microorganismos que por lo general son patógenos.

Dado lo anterior se presentan en la Tabla 2.1 las características típicas de las aguas residuales municipales, discretizadas en función de su concentración y en la Tabla 2.2 las características de las aguas residuales en Venezuela.

Tabla 2.1. Características de las aguas residuales.

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN (mg/l)		
	Alta	Media	Baja
Sólidos totales	1000	500	200
Sólidos suspendidos	500	300	100
Sólidos sedimentables	12	8	4
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO ₅	300	200	100
Demanda química de oxígeno, DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo total	20	15	5
Grasas y aceites	40	20	0
Coliformes fecales (NMP/ 100ml)	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁵

Fuente: Tchobanoglous (2003).

Tabla 2.2. Características de las aguas residuales en Venezuela.

Parámetro	Caracas (1)	Maracaibo (2)	La Victoria (3)	Venezuela Bella Vista (3)	Barquisimeto La Asunción (3)	Villa de Guzmán (3)
DBO (mg O₂/l)	150	66-110	236	216	180	122
DQO (mg O₂/l)	320	263-567	299	253	423	340
SST (mg/l)	95	190-242	1308	446	706	824
N-NH₃ (mg N/l)	-	4,8-8,5	17,53	14,6	12,5	0
NTK	48	-	23.17	26,5	25,7	36,03
PH	-	6,8-7,0	-	-	-	-
Temperatura (C)	-	-	-	-	-	-

1. F. Rodríguez. Dpto. Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería. UCV.
 2. Tahal Consulting Engineer LTD (1998).
 3. E. López. Planta Experimental. Dpto. Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería. UCV.
- Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

Félez (2009), señala por su parte, que entre los contaminantes más comunes presentes en las aguas residuales se tienen:

- *Arenas:* Son partículas de tamaño apreciable, que en su mayoría son de origen mineral y pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar. Son fuente de abrasión en los conductos por donde circulan y pueden generar obstrucción y deposición cuando las aguas residuales circulan a bajas velocidades.
- *Grasas y aceites:* Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser insolubles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.
- *Residuos con requerimiento de oxígeno:* Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo consumiendo oxígeno del medio. Estas

oxidaciones van a realizarse bien por vía química, por vía biológica o bien por vía bioquímica.

- *Nitrógeno y fósforo*: Estos tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.
- *Agentes patógenos*: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.
- *Otros contaminantes específicos*: Incluimos sustancias de naturaleza diversa que provienen de aportes muy concretos, como los metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

2.1.11 Análisis ambiental.

En el desarrollo de este trabajo de investigación, se llamará análisis ambiental al estudio de impacto ambiental que se define según la Gaceta Oficial N° 35.946 como: “Estudio orientado a predecir y evaluar los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente natural y social, y proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas, a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal vigente en el país, y determinar los parámetros ambientales que conforme a la misma deban establecerse para cada programa o proyecto”.

2.1.12 Análisis financiero-económico.

Hellmer (1997) expresa que en 1972, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) adoptaron el principio, “*Quien contamina paga*”. Este principio, que posteriormente fue adoptado como política oficial por la Unión Europea (UE), expresa la idea central de la economía del medio ambiente, es decir, que el coste de la contaminación debe ser internalizado. Desde que se introdujo este principio, se ha ido ampliando hasta, inclusive, el uso de los recursos naturales. Este

mismo principio del que contamina paga también ha estimulado un creciente interés en la aplicación de instrumentos económicos en todo el mundo, demostrando que estas evaluaciones tienen el potencial para determinar medidas rentables de aprovechamiento, uso y aplicación de tecnologías de control de la contaminación.

El objetivo de este análisis es revisar los instrumentos financieros y económicos más utilizados para el control de la contaminación del agua y para la selección de las herramientas más adecuadas en el caso de proyectos de efluentes municipales.

La evaluación económica-financiera permite:

- Optimizar la asignación de recursos con los que dispone el proyecto.
- Permite puntualizar cuánto invertir y en qué invertir.
- Permite establecer si un proyecto es viable o no y el momento para realizarlo.
- Determinar los costos y beneficios del proyecto.
- Toma de decisiones.

Este análisis establece los siguientes conceptos:

- **Proyectos públicos:** estos son realizados bajo la responsabilidad de una entidad gubernamental y da privilegio a la comunidad, debe llevar tanto el análisis económico como el análisis financiero.
- **Proyectos privados:** Son proyectos cuyo responsable es una entidad privada, la cual tiene algún interés económico y en función de la evaluación deciden realizar el proyecto o no. El análisis que se debe establecer es el financiero.
- **Recursos del proyecto:** Es la cantidad de capital que posee la empresa privada o entidad gubernamental para la realización del proyecto, y en virtud de esto determina en gran medida cuál tecnología se usará y la cantidad de maquinaria y personal que se podrá usar y contratar respectivamente.

En este análisis se utilizan instrumentos económicos tales como:

- Valor presente de los costos (VPC): Es una herramienta económica que permite comparar alternativas de igual vida útil, siendo la de menor costo la más adecuada (CIDIAT 2013. Notas de clase).
- Costo anual equivalente (CAE): Es una herramienta económica calculada a partir del VPC usada para describir la cantidad de dinero por año del costo de inversión o activo del propietario durante la vida útil de ese activo (CIDIAT 2013. Notas de clase).
- Análisis del costo: en el cual se obtienen todos los gastos en insumos, tecnologías, inversiones, equipo y procesos, que generará el proyecto.
- Análisis de beneficios: Son todas las mejoras y ganancias que recibe la población al ser aplicado el proyecto, para posteriormente ser comparado con los costos y determinar qué tan bueno puede llegar a ser el proyecto. Estos beneficios se obtienen a través de la técnica de valoración contingente.
- Valoración contingente: El método de valoración contingente (MVC) usa un enfoque directo de valoración de los cambios en el bienestar ante modificaciones de un bien ambiental. El mecanismo son encuestas, entrevistas, cuestionarios, etc. Uno de los mayores atractivos del MVC es obtener valoraciones que estén cerca de lo que aparecería si existiera un mercado real (CIDIAT, 2013. Notas de clase).

2.1.13 Análisis social.

Será definido como el estudio de equidad social que permitirá discernir qué sector de la población se verá más beneficiado con el proyecto. Los estudios de equidad pueden dar como resultado las siguientes categorías:

- Equidad Progresiva: es cuando se ve beneficiada la población con menos recursos económicos.
- Equidad Regresiva: ésta se presenta cuando la población beneficiada es la que posee mayores recursos económicos.
- Equitativa: cuando todos los sectores económicos de una población se ven beneficiados por igual (CIDIAT, 2013. Notas de clase)

2.1.14 Análisis de sostenibilidad.

Es la conjugación de los diferentes análisis, a través de las variables escogidas, en función de determinar cuál proyecto o alternativa de proyecto es más adecuada desde el punto de vista de la sostenibilidad, este criterio utiliza herramientas de toma de decisión y el juicio de profesionales que comparan, ponderan y categorizan los datos obtenidos.

2.2 Revisión bibliográfica de antecedentes y metodologías de análisis.

La investigación planteada conlleva varios análisis para poder introducir el concepto de sostenibilidad dentro de los proyectos de calidad ambiental, estos son: un análisis ambiental, un análisis social y un análisis económico. La mayoría de los trabajos de esta índole se concentran sólo en la parte ambiental y económica, lo que los aleja de ser proyectos sostenibles en sí. Esta investigación espera dar un procedimiento que abarque los tres paradigmas del triángulo de la sustentabilidad para así poder generar resultados aplicables.

A continuación se presentan algunos trabajos que ya han intentado introducir la sostenibilidad en los proyectos ambientales, algunas metodologías usadas en evaluaciones ambientales, financiera-económica, social y una revisión de herramientas para la toma de decisiones para el análisis de sostenibilidad que fueron revisadas con el fin de proponer una serie de pasos derivados de dicha investigación.

2.2.1 Antecedentes

1. El principal documento encontrado que hace énfasis en este tipo de proyectos es el elaborado por Helmer (1997) titulado Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles, (Control de la Contaminación del Agua - Una guía para el uso de los principios de Gestión de Calidad de Agua); en el cual se establecen los principios a ser considerados para el manejo de aguas residuales los cuales son:
 - Utilice el principio de precaución. Hay muchos ejemplos de la aplicación y vertido de sustancias peligrosas en el medio acuático, incluso cuando tales

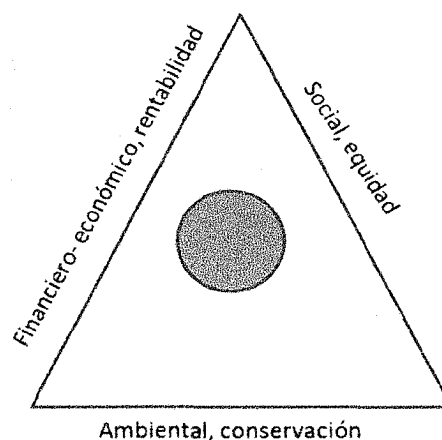
sustancias se sospecha que tienen efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. Hasta ahora el uso de cualquier sustancia y su liberación al medio ambiente ha sido ampliamente aceptada, a menos que la investigación científica haya demostrado de manera inequívoca una relación de causalidad entre la sustancia y un impacto ambiental bien definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos se necesita mucho tiempo para establecer los vínculos causales, aunque las primeras investigaciones sugieren indicaciones claras de tales enlaces.

- Aplique el principio el que contamina paga, el principio es un instrumento económico que tiene por objeto afectar el comportamiento, es decir, mediante el fomento y la inducción de un comportamiento que pone menos presión sobre el medio ambiente. Los ejemplos de los intentos de aplicar este principio incluyen las cargas financieras para la industria por descargas de aguas residuales y de los impuestos especiales sobre los plaguicidas.
- Aplicar las normas y reglamentos realistas. Un elemento importante en la contaminación de las aguas es la formulación de normas y reglamentos realistas.
- Equilibrar los instrumentos económicos y reglamentarios, estos instrumentos han sido fuertemente apoyado por los gobiernos en la mayoría de los países para el control de la contaminación del agua. Los instrumentos económicos, por lo general son tasas de descarga y multas y se han introducido sobre todo en los países industrializados.
- Establecer mecanismos para la integración intersectorial con el fin de asegurar la coordinación de los esfuerzos de control de la contaminación del agua dentro de los sectores relacionados con el agua.
- Fomentar un enfoque participativo con la participación de todos los interesados. La enfoque participativo implica crear conciencia sobre la importancia de la contaminación del agua de control entre los responsables políticos y el público en general. Las decisiones deben tomarse con plena consulta pública y con la participación de los grupos afectados por la

planificación y la ejecución de las actividades de control de la contaminación del agua

2. Fueron revisadas las notas del curso Formulación y Evaluación de proyectos ambientales dictado por el profesor Pérez (CIDIAT-2013), este curso posee un módulo dedicado a los proyectos de calidad ambiental en el cual se establecen bases conceptuales sobre este tipo de proyectos, define los tipos de proyectos de calidad ambiental en donde se encuentran los de calidad de aguas hacia el cual va dirigido esta investigación. Muestra cada uno de los pasos que deben realizarse para proponer un proyecto de calidad ambiental basándose en evaluaciones de tipo ambientales, financieras-económicas y sociales, para de esa forma llegar a determinar la sostenibilidad del proyecto. En este curso se aprecia que un proyecto debe evaluarse desde tres ópticas que abarcan el triángulo de la sostenibilidad (Figura 2.2), estas son:

- Desde el punto de vista ambiental cuyo paradigma es la conservación.
- Desde el punto de vista financiero-económico, cuyo paradigma es la rentabilidad.
- Desde el punto de vista social, cuyo paradigma es la equidad.

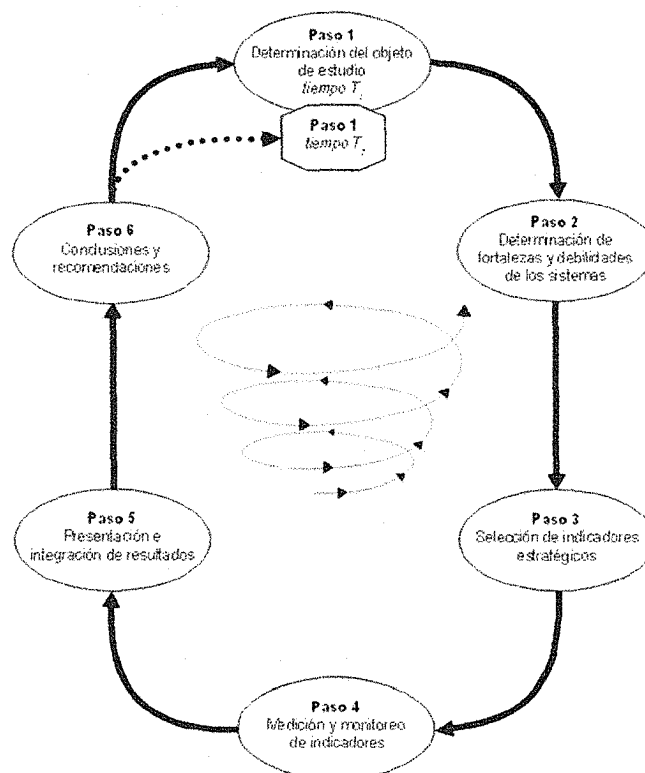


Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2. Triángulo de la sustentabilidad

Existen trabajos que introducen el enfoque de sostenibilidad pero van dirigidos hacia otro tipo de investigación ambiental, estos son:

3. Astier *et al.* (2008). Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico multidimensional. El trabajo consta de una metodología para evaluar la sostenibilidad en los proyectos que buscan la explotación de recursos naturales, emplea un proceso de evaluación de sustentabilidad cíclico, con un enfoque participativo, sistémico y multiescala, validado mediante estudios de caso, que tiene como meta fundamental aportar elementos concluyentes para mejorar los sistemas de manejo de recursos naturales. La sostenibilidad es evaluada y analizada mediante un conjunto de atributos que son: productividad, resiliencia, confiabilidad, estabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad. Los pasos para realizar la evaluación de sostenibilidad propuestos por esta metodología se presentan en la Figura 2.3.



Fuente: Masera *et al.*, (1999).

Figura 2.3. Ciclo de la evaluación de sostenibilidad.

Los pasos que esta metodología sigue son:

- Una descripción clara de los diferentes componentes biofísicos del sistema, los insumos requeridos y extraídos (entradas y salidas) del sistema, las prácticas agrícolas, pecuarias o forestales que involucra cada sistema, las principales características socioeconómicas de los productores, y los niveles y tipos de sus organizaciones y las interacciones existentes entre los sistemas y subsistemas.
 - Determinación de las fortalezas y las debilidades de los sistemas de manejo.
 - Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos.
 - Medición y monitoreo de los indicadores.
 - Presentación e integración de resultados.
 - Conclusiones y recomendaciones.
4. Duran (2010). La gestión sustentable de proyectos ambientales. Este documento, define que la principal causa de la falta de sostenibilidad de los proyectos ambientales puede ser la participación desigual de la gente en los costos y beneficios del proyecto, a causa de los problemas relacionados con la tenencia y los derechos de uso del suelo y los recursos tradicionales, para evitar esto se debe:
- Lograr la integración de las comunidades en la planificación e implementación del proyecto.
 - Establecer la jurisdicción clara sobre el recurso natural, con participación local en la toma de decisiones.
 - Involucrar a los líderes locales en los proyectos para lograr una mayor inserción social.
 - Proveer alternativas para compensar a la población local que sufre pérdidas.
 - Proteger el patrimonio natural y cultural.

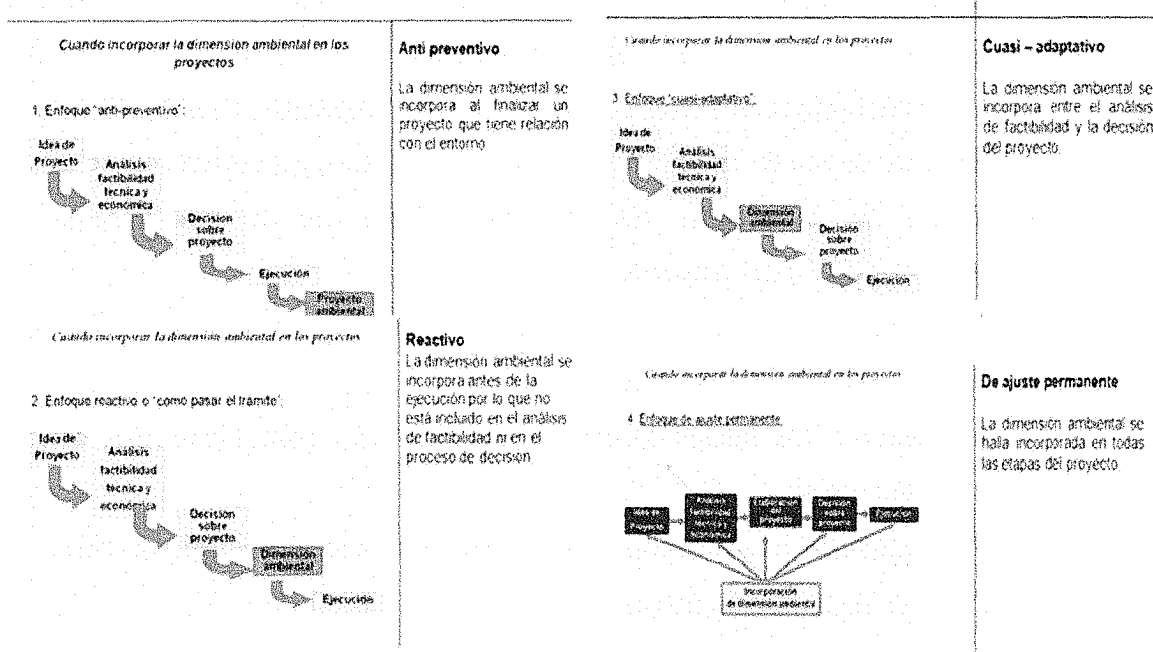
Un factor importante que resalta para que un proyecto sea sostenible es la introducción de la dimensión ambiental a un proyecto, esta puede ser introducida en diferentes etapas las cuales se presentan en la Figura 2.4. Establece como

realizar la evaluación ambiental pertinente, explicada a través de la siguiente metodología:

- Identificación y descripción del problema principal.
- Elaboración del árbol causa-efectos.
- Elaboración del árbol de objetivos.
- Buscar soluciones y plantear alternativas.
- Elaborar una matriz de marco lógico.

Luego de esto establece que debe realizarse una evaluación económica de proyectos ambientales a través de distintos análisis los cuales pueden ser:

- Análisis de costo-beneficio.
- Análisis de costo-eficiencia.
- Análisis multicriterio.
- Análisis riesgo-beneficio.



Fuente: Duran (2010).

Figura 2.4.Introducción del componente ambiental en proyectos.

5. Capital sustentable (2011). Guía para el desarrollo local sustentable. Esta guía presenta una completa información conceptual acerca de las interrelaciones que surgen entre la sociedad, el ambiente y la economía con la finalidad de llegar al desarrollo sustentable, explica que la mejor alternativa siempre será aquella diseñada por los propios actores del municipio, en base al conocimiento local, la participación social y el apego a los criterios de sustentabilidad. Establece que para lograr la sostenibilidad se debe comprender que la economía, la sociedad y la protección al ambiente son como tres poleas que necesitan ser jaladas al mismo tiempo para subir un cubo de agua la herramienta es el desarrollo sustentable, el resultado es la calidad de vida, la guía desarrollada expresa que se debe buscar la sostenibilidad en función de las pautas de la Agenda 21 y que cada municipio debe realizar la Agenda 21 propia con la siguiente metodología:

- Acordar una filosofía.
- Identificar problemas y causas.
- Definir objetivos generales.
- Priorizar problemas.
- Establecer objetivos específicos.
- Crear programas para abordar los objetivos.
- Formalizar un plan de acción.
- Formalizar y comprobar.
- Evaluar y retroalimentar.

La guía desarrolla apartados por componente ambiental, en el caso del agua hace referencia que para su sostenibilidad debe realizarse una evaluación del ciclo hidrológica para no romper el equilibrio ambiental, educar a los pobladores en cuanto al uso consiente del agua, generar leyes que impliquen la conservación del recurso y tratamientos para el reúso del recurso. En la Tabla 2.3 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis de sostenibilidad.

Tabla 2.3. Resumen de los criterios para el análisis de sostenibilidad de proyectos de calidad ambiental.

Autores	Criterios para evaluar la sostenibilidad en proyectos de calidad ambiental
Helmer (1997). Inglaterra.	Principio de precaución de los vertidos, investigar relación entre efluentes e impactos ambientales. Aplicación de instrumentos económicos como impuestos o cargas financieras por descargar aguas residuales. Generación de normas y reglamentos. Establecer mecanismos de participación intersectorial.
Pérez (CIDIAT-2013). Venezuela	Análisis ambiental cuyo paradigma es la conservación. Análisis financiero-económico, cuyo paradigma es la rentabilidad. Análisis social, cuyo paradigma es la equidad.
Astier <i>et al.</i> (2008). España.	Productividad, resiliencia, confiabilidad, estabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad. Descripción de componentes Biofísicos. Determinación de debilidades-fortalezas. Selección de indicadores. Medición de indicadores.
Duran (2010). Perú.	Presentación de resultados. Conclusiones y recomendaciones. Integración de las comunidades en la planificación e implementación del proyecto. Establecimiento de leyes y reglamentos. Introducción de la dimensión ambiental. Valoración económica.
Capital sustentable (2011). México.	Análisis de la economía de la zona. Análisis social. Protección del ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Análisis ambiental.

Se presenta a continuación la metodología empleada por algunos autores para realizar análisis ambiental en proyectos de tratamientos de aguas residuales, así como algunos procedimientos para realizar evaluaciones de impacto ambiental en general.

1. Manrique, Acosta, Herber, Jiménez, y Torralba (2001). Proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial, para la realización de este proyecto los autores realizaron un

estudio de impactos ambientales del manejo de las aguas residuales y de la actividad agrícola, que consistió en los siguientes pasos:

- Identificación de los impactos: los dividen en impactos ambientales, impactos de salud e impactos socioeconómicos y culturales.
- Caracterización de impactos: los clasifican desde el punto de vista cualitativo descriptivo en impactos positivos y negativos.
- Medidas de control: establecen medidas de mitigación igualmente desde el punto de vista descriptivo.
- Programa de supervisión: proponen un plan de participación de un comité ambiental, de los usuarios del sistema que se mantenga en continua comunicación con la empresa.

2. Universidad Tecnológica Nacional (2009). Estudio de impacto ambiental de la Planta de Tratamiento San Felipe. Este trabajo estructura la evaluación de impacto ambiental de la siguiente manera:

- Observaciones preliminares: en esta etapa consideran el conocer las condiciones marco y las premisas materiales del proyecto desde el punto de vista de sus impactos ecológicos y económicos.
- Evaluación Sinóptica de la Relevancia Ambiental: describen la relevancia ambiental de los proyectos de aguas residuales.
- Diagnóstico Ambiental del Área de Influencia Directa e Indirecta: Se considera en conjunto la descripción de los aspectos ambientales, tanto para la zona de influencia directa como indirecta, haciéndose referencia en cada aspecto a cada área en particular realizando una caracterización ambiental y un estudio de línea base.
- Caracterización de impactos: determinan los impactos ambientales desde el punto de vista descriptivo netamente.
- Plan de Monitoreo Ambiental establecen un sistema para supervisar y detectar desviaciones de los efectos previstos.

3. SERVICELL (2013). Proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales industriales, la metodología para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental por la instalación y operación del Proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales propiedad de la compañía SERVICELL la describen a través de los siguientes pasos:

- Diagnóstico inicial o reconocimiento de la entidad.
- Toma de evidencias y muestras.
- Análisis fisicoquímicos, medición, evaluación de impactos ambientales.
- Establecimiento de los impactos actuales y potenciales.
- Formulación de medidas ambientales y plan de manejo ambiental.
- Determinación de acciones preventivas, correctoras, contingencia y seguimiento.

Como instrumentos analíticos de medición y evaluación se utilizará:

- Listas de Verificación.
- Cuadros comparativos entre hallazgos y permisibles.
- Conteos estadísticos.
- Muestreos consecutivos o al azar.
- Análisis de Laboratorio de Aguas Residuales tratadas, del suelo del proyecto, de la calidad de aire, y de ruido
- La valoración de los impactos se realiza a través de matrices de Leopold.

4. Suematsu (1995). Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales, el autor resalta que los criterios para evaluar el impacto de un sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales son múltiples y complejos, para categorizarlos y entenderlos de mejor manera se deben agrupar en: impacto social, impacto económico e impacto ambiental, luego divide los impactos en positivos y negativos describiéndolos desde el punto de vista cualitativo.
5. Conesa y Vitora (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, este libro ofrece una conceptualización sobre los diferentes niveles de

evaluación de impactos ambientales, clasifica los impactos ambientales, expresa la forma como deben ser introducidos los estudios de impacto ambiental dentro de los proyectos, explica todo lo referente al uso de indicadores ambientales para evaluar la magnitud de un impacto ambiental, presenta ciertos aspectos legales a ser tomados en cuenta a la hora de realizar una evaluación de este tipo en España y muestra distintas metodologías de evaluación de impactos como: la matriz de Leopold, sistemas de red y gráficos, listas de chequeo, métodos cartográficos y métodos basados en indicadores. La metodología que proponen estos autores es la siguiente:

- Análisis del proyecto y sus alternativas, con el fin de conocerlo en profundidad.
- Definición del entorno del proyecto, y posterior descripción y estudio del mismo.
- Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio.
- Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes.
- Identificación de los factores del medio potencialmente impactados.
- Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio. Elaboración de la matriz de importancia y valoración cuantitativa del impacto.
- Predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor.
- Valoración cuantitativa del impacto ambiental, incluyendo transformación de medidas de impactos en unidades inconmensurables a valores conmensurables de calidad ambiental, y suma ponderada de ellos para obtener el impacto total.
- Definición de las medidas correctoras, precautorias y compensatorias y del programa de vigilancia ambiental, con el fin de verificar y estimar la operatividad de aquéllos.
- Proceso de participación pública, tanto de particulares como agentes sociales y organismos interesados.
- Emisión del informe final.
- Decisión del órgano competente.

6. Gómez (1999). Evaluación de Impacto Ambiental. Este libro presenta una serie de conceptos e historia de los estudios de impacto ambiental, hace énfasis en la importancia de la integración de la sustentabilidad en las evaluaciones usando como herramienta la gestión ambiental, tiene un capítulo completo en el cual se expresa la evaluación del impacto ambiental su naturaleza, atributos y su evaluación usando como herramienta los indicadores ambientales finalizando con el diagnóstico ambiental. Este autor propone una matriz de valoración con los siguientes pasos:
- Desagregación del proyecto en forma de árbol (Fases, elementos y acciones).
 - Desagregación del medio en forma de árbol (Medio, factor, subfactor).
 - Identificación y caracterización de impactos en las casillas de cruce o interacción. Para esto se calcula: signo, intensidad, extensión, momento, permanencia y reversibilidad.
 - Se buscan los indicadores de impacto para cada subfactor.
 - Se asigna valores de medida para cada subfactor.
 - Se expresa la magnitud del impacto para cada rango en su fila correspondiente.
 - Cálculo de las funciones de transformación y valoración del impacto a través de las mismas.
 - Se calculan los diferentes valores del impacto para todos los factores y subfactores.
 - Se calcula el valor total ponderado.
 - Se coloca en una columna las medidas a aplicarse y luego se valora el impacto con las medidas aplicadas.
7. Pastakia y Jensen, (1998). The rapid impact assessment matrix (Matriz de evaluación rápida de impactos), este autor explica una metodología para evaluar los impactos ambientales que define como: *"La matriz rápida de evaluación de impacto ambiental (RIAM), que fue desarrollado en Dinamarca, es una nueva*

herramienta para la ejecución de las evaluaciones de impacto ambiental. RIAM es bastante flexible, transparente y deja un registro permanente, que puede ser verificado de forma independiente, validada o actualizada". Los pasos para el uso de esta herramienta son:

- Descripción e identificación de la variable ambiental.
 - El RIAM usa cinco criterios de evaluación los cuales están divididos en dos grupos A y B. En el grupo A se definen dos criterios, el primero corresponde a la importancia de la situación (A1) y el segundo a la magnitud del cambio o el efecto (A2). En el grupo B se consideran tres criterios que son: la Permanencia (B1), la Reversibilidad (B2) y la acumulación o sinergia (B3).
 - Este método jerarquiza los posibles impactos de las acciones sobre las variables ambientales en 11 categorías: Neutro (N), una escala de 5 grados de impacto beneficioso y una escala de 5 grados de impacto adverso.
 - Como resultados genera una puntuación ambiental categorizada por impactos desde el más perjudicial al más beneficioso.
8. Pardo (2002). La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI, esta autora inicia su obra con una recopilación de la evolución histórica de las evaluaciones del impacto ambiental, establece una serie de capítulos en los cuales explica la manera de realizar los impactos ambientales que expresa de esta forma:
- Se inicia con una revisión o consulta documental previa.
 - Se realiza un análisis medioambiental del proyecto (caracterización ambiental).
 - Se presenta un diagnóstico del medio afectado.
 - Se genera la identificación y valoración de alteraciones y las medidas correctoras del impacto.
9. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales (CIDIAT-2013) dictado por los profesores Pérez, J., Cabeza, M y Márquez, K. en el cual se muestra una metodología para la identificación, selección y evaluación de impactos ambientales, que sigue una serie de pasos lógicos basados en:

- Revisión del proyecto.
- Realización de una caracterización ambiental.
- Verificación de componentes, actividades y acciones que el proyecto requiere para a través de matrices comparativas determinar los impactos que se producen.
- Selección de los impactos a través del estudio de su naturaleza, efecto, momento, periodicidad y recuperabilidad, finalizando con la evaluación de dichos impactos usando la metodología RIAM.

En la Tabla 2.4 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis ambiental.

Tabla 2.4. Resumen de los criterios para el análisis ambiental.

Manrique <i>et al</i> (2001). Perú	Identificación de los impactos. Caracterización de impactos. Medidas de corrección. Programa de supervisión.
Universidad Tecnológica Nacional (2009). Argentina.	Observaciones preliminares. Evaluación sinóptica de la relevancia ambiental. Diagnóstico ambiental del área de influencia directa e indirecta. Caracterización de impactos. Plan de monitoreo ambiental.
SERVICELL (2013). Ecuador.	Diagnóstico inicial o reconocimiento de la entidad. Toma de evidencias y muestras. Análisis fisicoquímicos, medición, evaluación de impactos ambientales. Establecimiento de los impactos actuales y potenciales. Formulación de medidas ambientales y plan de manejo ambiental. Determinación de acciones preventivas, correctoras, contingencia y seguimiento.
Suematsu (1995). Perú.	Agrupación de impacto social, impacto económico e impacto ambiental. División de impactos en positivos y negativo describiéndolos desde el punto de vista cualitativo.
Conesa y Vitora (2010). España.	Análisis del proyecto y sus alternativas, con el fin de conocerlo en profundidad. Definición del entorno del proyecto, y posterior descripción y estudio del mismo.

Gómez (1999). España.	Desagregación del proyecto en forma de árbol. Desagregación del medio en forma de árbol. Identificación y caracterización de impactos. Indicadores de impacto. Valores de medida. Calculo de las funciones de transformación y valoración del impacto. Las medidas a aplicarse y luego se valora el impacto con las medidas aplicadas.
Pastakia (1998). Dinamarca.	Descripción e identificación de la variable ambiental. Uso de los criterios de evaluación. Jerarquización de impactos. Ponderación de los impactos.
Pardo (2002). España.	Revisión o consulta documental previa. Análisis medioambiental del proyecto. Diagnóstico del medio afectado. Se genera la identificación y valoración de alteraciones y las medidas correctoras del impacto.
CIDIAT (2013). Venezuela.	Revisión del proyecto. Realización de una caracterización ambiental. Verificación de componentes, actividades y acciones. Selección de los impactos a través del estudio de su naturaleza, efecto, momento, periodicidad y recuperabilidad. Uso de la metodología RIAM.

Tabla 2.4 Continuación.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Análisis Financiero-Económico.

La revisión realizada comprende los procedimientos que algunos autores realizan para determinar análisis de tipo financiero y de tipo económico en los proyectos de tratamiento de aguas residuales:

1. Asian Development Bank (1999). *Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects* (Guía para el análisis económico de proyectos de abastecimiento de agua), en esta guía se refleja el propósito que conlleva un análisis financiero y económico para este tipo de proyectos, el análisis financiero deja ver qué tan viable es el proyecto para la inversión, y luego de esto el análisis económico permite comparar los costos y beneficios para verificar su viabilidad pero desde

esa óptica; la metodología que presenta esta guía está basada en un análisis de costos y beneficios, que conlleva a generar medidas para la sustentabilidad del proyecto, esto lo hace proponiendo que el gobierno coloque tarifas e impuestos, recuperar los costos a través del pago por el beneficio y dar incentivos para que las empresas y los entes privados se acerquen hacia el proyecto. Los pasos para el análisis financiero que esta guía establece son:

- Identificación y cuantificación de los costos y los ingresos.
- Cálculo de los beneficios netos del proyecto.
- Estimar el costo financiero incremental medio, valor actual neto financiero y la tasa interna de retorno.

Para el análisis económico propone:

- Definición de los objetivos del proyecto y la justificación económica.
- Análisis de demanda de los productos del proyecto.
- Identificación de las alternativas del proyecto para cumplir con los términos de tecnología, proceso, la escala y la ubicación a través de un costo mínimo y / o el costo-análisis de la eficacia utilizando los precios económicos para todas las entradas.
- La identificación de beneficios, tanto cuantificables como no cuantificables, y determinar si los beneficios económicos son superiores a los costos económicos.
- Evaluar si los beneficios netos del proyecto serán sostenibles a lo largo de la vida del proyecto a través de la recuperación de costos, tarifas y subvención (si los hay) sobre la base de (liquidez) utilizando un análisis de costo-beneficio.
- Realizar pruebas para detectar riesgos asociados con el proyecto.
- Identificación del impacto del proyecto en la reducción de la pobreza.
- Para determinar las tarifas proponen usar el método de valoración contingente.

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, este documento dedica su capítulo seis al análisis de los instrumentos económicos, estableciendo que a pesar de que muchos países se ven renuentes al uso de estos instrumentos, en lo referente al control de la contaminación del agua se han visto resultados positivos dada su implementación, categoriza las variables que deben ser usadas como control de precios las cuales son: cargos por contaminación, permisos de mercado, subsidios, pagos de incentivos y establece que para determinar cuál instrumento aplicar se debe realizar un análisis de costos-beneficios.
3. Pérez (CIDIAT-2013). Notas del curso “Evaluación de proyectos”. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela, en este curso se establecen los parámetros económicos que comúnmente se utilizan para valorar beneficios ambientales, para ello existen los métodos directos como la valoración contingente y los métodos indirectos que estiman el valor del impacto a partir de un mercado complementario, estos son: métodos basados en costos, precios hedónicos, costo de viaje, en función impactos a la salud y en función de impactos a la producción. También se establecen las herramientas para determinar cuáles proyectos son más factibles, algunas de estas herramientas son la tasa interna de retorno, el valor presente de los costos y el costo anual equivalente. El procedimiento que establece para análisis financiero es el siguiente:
 - Se obtienen los costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos.
 - Se calcula el valor presente de los costos (VPC).
 - En función del VPC se calcula el Costo Anual Equivalente (CAE).
 - El proyecto con menor CAE es el más adecuado desde el punto de vista financiero.

Para el análisis económico establece:

- Los costos deben llevarse a precios económicos usando una relación precio cuenta.
 - Se obtienen los beneficios usando una metodología de valoración las cuales pueden ser: costo de viaje, valoración contingente o precios hedónicos.
 - Se realiza un análisis costo/beneficio, con el cual se comparan los mismos y se determina si el proyecto es factible o no.
4. Toledo y Toledo (2010). Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo (B/C) para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): caso PTAR del Cusco. Este trabajo propone una metodología para la valoración económica/financiera de los proyectos de plantas de tratamiento, su propuesta consiste en :
- Realizar el cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente con la cual obtienen la disposición a pagar y luego utilizando programas estadísticos determinan el valor del beneficio neto.
 - Se realiza un análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos (VAN) con un período de tiempo y una tasa de retorno establecida.
 - Al tener los costos y los beneficios realizan una comparación entre los mismos para luego en base a los datos tomar una decisión.

En la Tabla 2.5 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis financiero y económico.

Tabla 2.5. Resumen de los criterios para el análisis financiero y económico.

Asian Development Bank (1999). Filipinas.	Identificación y cuantificación de los costos y los ingresos. Cálculo de los beneficios netos del proyecto. Estimar el costo financiero incremental medio, valor actual neto financiero y la tasa interna de retorno.	Definición de los objetivos del proyecto y la justificación económica. Análisis de demanda de los productos del proyecto. Identificación de las alternativas del proyecto para cumplir con los términos de tecnología, proceso, la escala y la ubicación a través de un costo mínimo y/o el costo- análisis de la eficacia utilizando los precios económicos para todas las entradas. La identificación de beneficios, tanto cuantificables como no cuantificable, y determinar si los beneficios económicos son superiores a los costos económicos. Evaluar si los beneficios netos del proyecto serán sostenibles a lo largo de la vida del proyecto a través de la recuperación de costos, tarifas y subvención (si los hay) sobre la base de (liquidez) utilizando un análisis de costo-beneficio. Realizar pruebas para detectar riesgos asociados con el proyecto. Identificación del impacto del proyecto en la reducción de la pobreza. Para determinar las tarifas proponen usar el método de valoración contingente
Helmer (1997). Inglaterra.	Control de precios, subsidios, cargos por contaminación, permisos de mercado y pagos de incentivos.	Control de precios, subsidios, cargos por contaminación, permisos de mercado y pagos de incentivos.
Pérez (CIDIAT-2013). Venezuela.	Costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos. Cálculo de VPC. Cálculo del CAE. El proyecto con menor CAE es el más adecuado desde el punto de vista financiero.	Los costos deben llevarse a precios económicos usando una relación precio cuenta. Recalcular VPC y CAE. Se obtienen los beneficios usando una metodología de valoración las cuales pueden ser: costo de viaje, valoración contingente o precios hedónicos. Se realiza un análisis costo/beneficio, con el cual se comparan los mismos y se determina si el proyecto es factible o no.

Toledo y Toledo (2010). Perú.	Cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente Calculo del Beneficio Neto. Análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos VAN. Comparación costos-beneficios	Cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente Calculo del Beneficio Neto. Análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos VAN. Comparación costos-beneficios
--------------------------------------	--	--

Tabla 2.5 Continuación
 Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Análisis social.

A continuación se describe la investigación documental realizada para las metodologías de evaluación social de proyectos:

1. Departamento de Desarrollo del Banco Mundial (2002), creó un Libro-Guía para el Análisis Social: Para la incorporación de las dimensiones sociales en proyectos apoyados por el Banco, en el cual describen buenas prácticas en la aplicación del análisis social, en el cual establece parámetros como la inclusión social y el empoderamiento del proyecto por parte de la sociedad, explica que el análisis social estima la probabilidad de que el proyecto sea socialmente sustentable, de que sus beneficios económicos y oportunidades sociales sean ampliamente compartidos, y de que el proyecto contribuya a los objetivos del país en materia de desarrollo así como a la misión central del Banco, que es la reducción de la pobreza. El Banco considera los siguientes criterios para el análisis social:
 - Identifica cinco “puntos de ingreso” o dimensiones de indagación de la realidad social: (1) diversidad social y género; (2) instituciones, reglas y conductas; (3) actores sociales; (4) participación; y (5) riesgo social.
 - Los cinco puntos de ingreso permiten a los equipos formarse un esquema claro de las barreras socioculturales que se oponen a los objetivos de un

proyecto así como de los procedimientos para superarlas; tener una buena idea de la base y recursos institucionales que se necesitarán; y contar con una serie de indicadores para medir el éxito alcanzado en el logro de los objetivos del proyecto en materia de desarrollo.

- Los proyectos con mejor evaluación serán aquellos en los cuales los beneficios sean repartidos con la mayor equidad posible.

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, esta guía expresa que la participación del público es un apoyo a la decisión final del proyecto y contribuye a la convergencia de los puntos de vista de la opinión pública, las autoridades gubernamentales y de la industria en las prioridades ambientales y sobre las medidas de control de la contaminación del agua; el autor enmarca el análisis social a través de los siguientes criterios:

- Debe existir una participación social activa por medio de entrevistas, sesiones de información y audiencias, audiencias del panel de expertos y visitas de campo.
- El método debe tener en cuenta la localidad, la política existente, factores históricos, culturales y de otra índole.
- Los proyectos deben apuntar hacia la equidad social beneficiando en la posible a los más pobres.

3. Pérez (CIDIAT-2013). Notas del curso “Evaluación de proyectos”. El CIDIAT-ULA establece que para un análisis social se debe verificar y analizar:

- La economía de la región con todas sus actividades productivas como: agricultura, pesca, cría doméstica y transporte.
- Localización de los pobladores, para lo cual se propone la adición de un plano de la zona, en donde se ubiquen los pobladores y las actividades productivas (uso de la tierra), que se llevan a cabo en la zona.
- Se deben estimar los beneficios del proyecto.
- Se debe realizar un estudio de equidad para determinar qué grupo poblacional se ve beneficiado con el proyecto, teniendo en cuenta que las

mejores opciones son las que apuntan hacia una equidad progresiva y en segundo término a una de tipo equitativa.

En la Tabla 2.5 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis financiero y económico.

Tabla 2.6. Resumen de los criterios para el análisis social.

Departamento de Desarrollo del Banco Mundial (2002). U.S.A.	Evaluación de diversidad social y género; instituciones, reglas y conductas; actores sociales; participación y riesgo social. Determinación de la equidad.
Helmer (1997). Inglaterra.	Realización de entrevistas, sesiones de información y audiencias, audiencias del panel de expertos y visitas de campo. Examinar la localidad, la política existente, factores históricos, culturales y de otra índole. Determinación de la equidad.
Pérez (CIDIAT-2013). Venezuela.	Describir la economía de la región. Localización de los pobladores. Estimación de los beneficios del proyecto. Estudio de equidad

Fuente: Elaboración propia.

2.4.5 Metodologías para la selección de tecnologías de tratamiento.

Para determinar la tecnología a ser usada en los proyectos de calidad ambiental específicamente los proyectos de tratamiento de aguas residuales, la gran mayoría de los proyectistas y autores se basan en el criterio financiero/económico netamente, es decir, seleccionan la tecnología en función de la rentabilidad del proyecto. A continuación se presentan algunos criterios definidos por autores para la selección de la tecnología:

1. Carlos Espinosa (CIDIAT-2013). El autor destaca que los sistemas de tratamiento de aguas residuales envuelven dos grandes niveles de decisión, a saber: Un primer nivel está relacionado con las restricciones impuestas por la caracterización y cuantificación del líquido residual y el cuerpo receptor. El

segundo nivel en la toma de decisiones involucra la selección y diseño de las unidades en la secuencia que pueden ser implementadas. Desagregando el primer nivel se pueden considerar tres (3) aspectos:

- Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad.
- Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado.
- Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto.

Estos tres aspectos tienen repercusión sobre todas las demás consideraciones involucradas en el proceso de selección de tecnología. De manera idéntica, se puede considerar como relevante en lo relativo al segundo nivel, lo siguiente:

- Tamaño de la comunidad y densidad de población.
- Localización geográfica.
- Aspectos climáticos.
- Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento.
- Costo de la energía.
- Otros parámetros y variables similares.

La metodología propuesta por este autor está extendida y explicada paso a paso en el Apéndice 2.1.

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, para seleccionar la tecnología el autor establece los siguientes principios:

- Eficiencia en el rendimiento de la tecnología para la remoción de contaminantes.
- Resistencia de la tecnología ante condiciones inusuales, es decir, debe soportar fluctuaciones altas y bajas de los efluentes como variaciones en la temperatura del mismo.
- Determinar la existencia de gerencia y mano de obra apropiada a la tecnología que será seleccionada, así como acceso a laboratorios y redes de investigación que permitan un mejor desenvolvimiento de la planta.

- Debe existir sostenibilidad financiera, es decir, se debe garantizar que los usuarios estén dispuestos a pagar por lo menos los costos de operación y mantenimiento.
 - Posibilidad de reuso para contribuir con la agricultura y piscicultura por ejemplo.
 - Que la planta cumpla con las regulaciones establecidas por las leyes.
3. Gobierno del Estado de Tabasco (2007). Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, llave en mano 1ra. etapa (zona sureste.) cd. de Villahermosa, esta planta presenta tres opciones para ser desarrollada: un sistema lagunar no mecanizado, un sistema lagunar semi-mecanizado y un sistema por lodos activados; para decidir cuál es la alternativa que usaran, utilizan los siguientes criterios:
- Espacio requerido.
 - Análisis económico y comparación de costos entre las alternativas.
 - Capacidad de remoción de contaminantes.

La Tabla 2.6 presenta el resumen de los criterios para la selección de tecnología.

Tabla 2.7. Resumen de los criterios para la selección de tecnología.

Carlos Espinosa (CIDIAT-2013). Venezuela.	Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad. Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado. Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto. Tamaño de la comunidad y densidad de población. Localización geográfica. Aspectos climáticos. Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento. Costo de la energía. Otros parámetros y variables similares.
Helmer (1997). Inglaterra.	Eficiencia en el rendimiento de la tecnología para la remoción de contaminantes. Resistencia de la tecnología ante condiciones inusuales. Determinar la existencia de gerencia y mano de obra apropiada. Debe existir sostenibilidad financiera.

Helmer (1997).	Posibilidad de reuso. Que la planta cumpla con las regulaciones establecidas por las leyes.
Gobierno del Estado de Tabasco. (2007)	Espacio requerido. Análisis económico y comparación de costos entre las alternativas. Capacidad de remoción de contaminantes.

Tabla 2.7 Continuación
Fuente: Elaboración propia.

2.4.6. Metodologías para toma de decisiones en función de la sostenibilidad del proyecto.

Aparte del criterio técnico se debe tomar en cuenta los criterios de los análisis anteriormente explicados, los cuales van a dar un índice de sostenibilidad de proyectos en función de sus parámetros, para ello es necesario una herramienta en la toma de decisiones que permita realizar una comparación y ponderación de las alternativas, a continuación se presentan algunos procedimientos usados para este fin:

1. Ghigliazza y Lupo (2013). *Expert choice* guía de uso para el alumno, esta guía ofrece la explicación de la utilización del programa y muestra las posibilidades de uso de la herramienta, estas son: Formulación de políticas, priorización de cartera de proyecto, gestión ambiental, análisis costo-beneficio, formulación de estrategias de mercado, toma de decisiones. La metodología para el uso de este programa consiste en:
 - Estructuración de un modelo de jerarquización.
 - Priorización de cada uno de los elementos del modelo.
 - Evaluación de los elementos ponderándolos.
 - Las alternativas se organizan en rankings en virtud del peso dado.
 - Elección de la mejor alternativa.
2. Roche (2005). Análisis multicriterio en la toma de decisiones. Este documento muestra dos metodologías para la toma de decisiones, una es el método del scoring (puntaje), cuyos pasos son:
 - Identificar la meta general del problema.

- Identificar las alternativas.
- Listar los criterios a emplear en la toma de decisión.
- Asignar una ponderación para cada uno de los criterios.
- Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
- Calcular el score para cada una de las alternativas.
- Ordenar las alternativas en función del score, la alternativa con el score más alto será la más adecuada.

La segunda metodología que explica es la del modelo analítico-jerárquico que ofrece el *Expert Choice* anteriormente reseñado. En la Tabla 2.7 se presenta el resumen de los criterios para anteriormente señalados.

Tabla 2.8. Resumen de los criterios para la selección de tecnología en base a la sostenibilidad.

Autores	Criterios
Ghigliazza y Lupo (2013). Argentina.	Estructuración de un modelo de jerarquización. Priorización de cada uno de los elementos del modelo. Evaluación de los elementos ponderándolos. Las alternativas se organizan en rankings en virtud del peso dado. Elección de la mejor alternativa.
Roche (2005). Uruguay.	Identificar la meta general del problema. Identificar las alternativas. Listar los criterios a emplear en la toma de decisión. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios. Calcular el score para cada una de las alternativas. Ordenar las alternativas en función del score. La alternativa con el score más alto será la más adecuada.

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Descripción de los tratamientos de aguas residuales.

2.5.1 Tratamiento de aguas residuales.

Los efluentes producidos por las actividades humanas, son tratados a través de procesos químicos, físicos y biológicos con el fin de eliminar patógenos, excesos de

materia orgánica, sólidos, nutrientes, metales pesados y compuestos tóxicos si los hubiese.

El objetivo básico del tratamiento de aguas, es proteger la salud y promover el bienestar de los miembros de la sociedad. En la formulación, planeamiento y diseño de un sistema de tratamiento se deben considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas y además de esto motivaciones ecológicas.

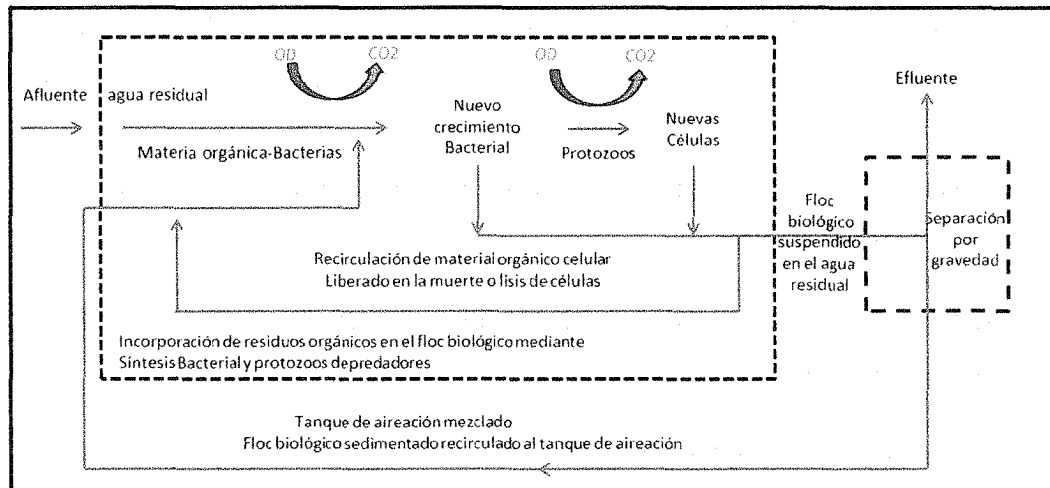
Dado esto, se pueden considerar como objetivos principales en los tratamientos de las aguas residuales de origen municipal, los siguientes:

- Remoción de DBO y DQO.
- Remoción de sólidos suspendidos.
- Remoción de patógenos.
- Remoción de nitrógeno y fósforo.
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como detergentes, fenoles y pesticidas.
- Remoción de trazas de metales pesados.
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

Existen diversos tipos de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales en el mundo, en este apartado se definirán únicamente las tecnologías que por sus características se aplican en Venezuela, ajustadas a la realidad ambiental y socioeconómica del país. Las tecnologías disponibles son:

- Lodos Activados: Esta tecnología consiste en una masa floculenta de microorganismos y agua residual; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, a la cual debe su nombre de activado. El resultado final es una porción de materia orgánica, susceptible de descomposición biológica, convertida en compuestos inorgánicos y el resto, transformada en lodo activo adicional (Romero 1999).

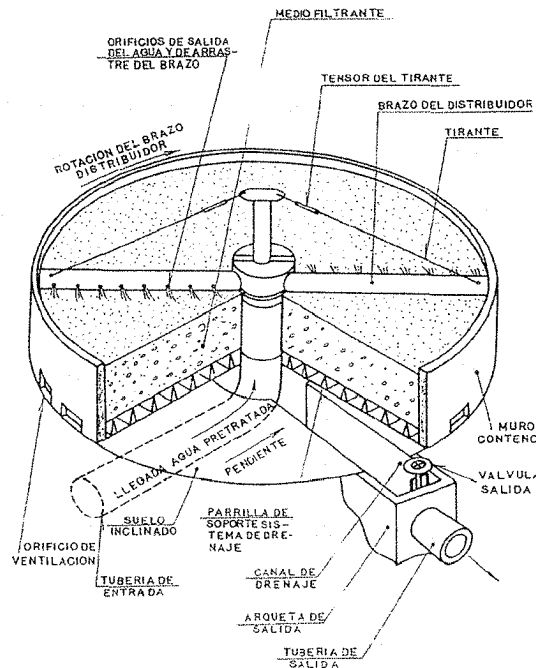
En la Figura 2.5 se puede apreciar el proceso de funcionamiento de los lodos activados.



Fuente: Romero (1999) con modificaciones del autor

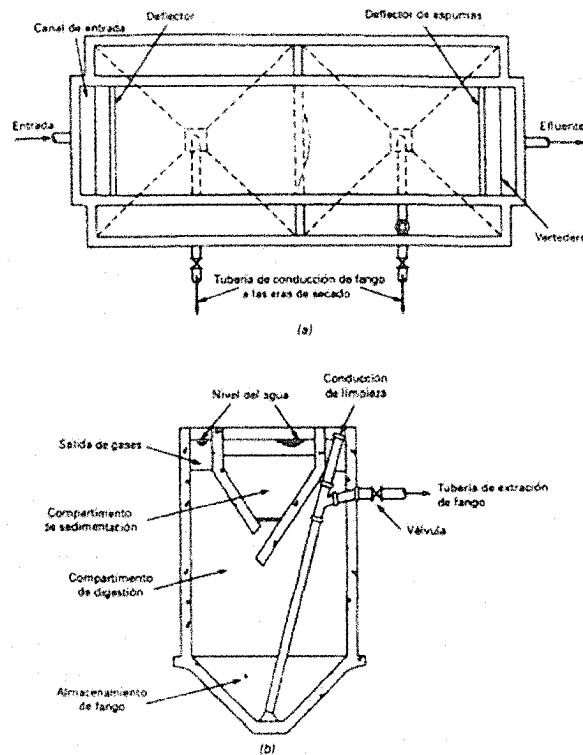
Figura 2.5. Esquema del proceso de lodos activados.

- **Filtros Percoladores:** Un filtro percolador tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en aguas residuales municipales. Consiste en un lecho de piedras, u otro medio natural o sintético de soporte, sobre el cual se aplican las aguas residuales, con el consecuente crecimiento de microorganismos en forma de biopelículas. El lecho entonces consiste en un medio altamente permeable, al cual se adhieren los microorganismos y a través del cual el residuo líquido se percola (Romero 1999). En la Figura 2.6 se presenta el esquema de un filtro percolador.
- **Reactores Anaerobios:** Son tanques que contienen cultivos microbiales que a través de un tratamiento biológico anaerobio remueven la materia orgánica de las aguas residuales. Los procesos de tratamiento anaerobio tienen aplicación principalmente en aguas residuales con alta concentración de materia orgánica, con DBO mayor de 1000 mg/l (Romero 1999). En la Figura 2.7 se muestra el esquema de un reactor anaerobio.



Fuente: Miliarium, ingeniería civil y medio ambiente. 2013.

Figura 2.6. Esquema de un filtro percolador

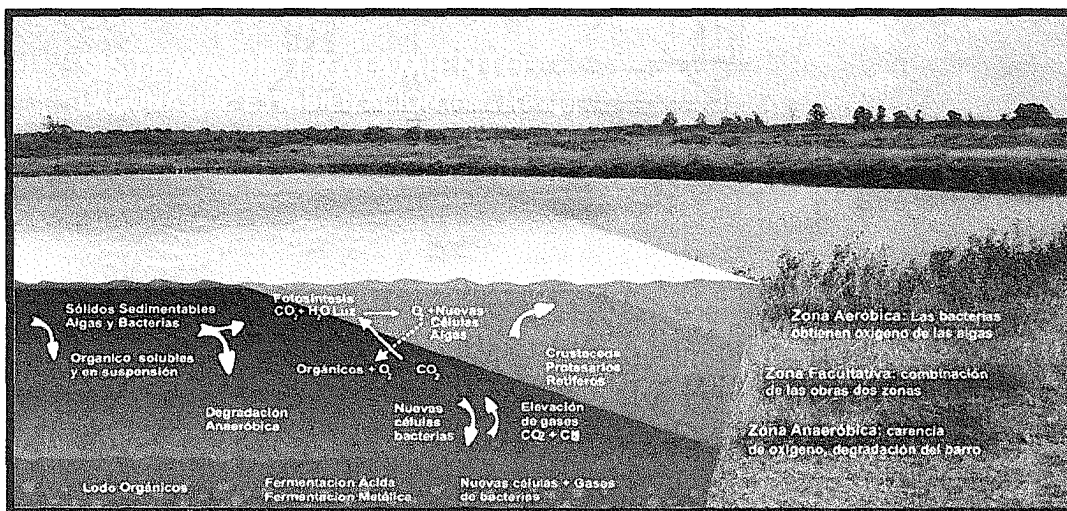


Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. 2013.

Figura 2.7 Esquema de un reactor anaerobio tipo IMHOFF.

- **Lagunas de Estabilización:** Las lagunas de estabilización son estanques de 2 a 5 metros de profundidad en donde se produce la decantación de los sólidos presentes en el agua residual. En el fondo de la laguna, tiene lugar la estabilización de la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, que primero transforman la materia orgánica en ácidos volátiles y posteriormente por la acción de las bacterias metanogénicas en dióxido de carbono, metano y en sólidos mineralizados (Sainz 2005). En la columna de agua se desarrollan procesos bioquímicos diversos (aerobios y anaerobios), que degradan y transforman compuestos solubles. Se pueden dividir de la siguiente manera:
 - Aerobias (< 1 m de profundidad).
 - Facultativas (1,5 m de profundidad)
 - Anaerobias (2,5 y 3 m de profundidad). No hay algas.

En la Figura 2.7 se muestran los procesos que se realizan en una laguna de estabilización facultativa.



Fuente: Agua de los Andes S.A. 2013.

Figura 2.8. Procesos en lagunas de estabilización.

2.5.2 Fases del tratamiento para la depuración de aguas residuales municipales.

Los procesos que abarcan las plantas de tratamiento, independientemente de cual sea la tecnología escogida, pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Tratamiento primario: Su objetivo: remover basuras, arenas, exceso de aceites y grasas, sólidos sedimentables, neutralizar pH, compensar flujos.
2. Tratamiento Secundario: Su objetivo: remover materia orgánica soluble.
3. Tratamiento Terciario: Su objetivo: pulir el efluente. Remover nutrientes (N y P), remover patógenos, remover metales pesados. Espinosa (2013).

2.6 Marco legal para los proyectos de aguas municipales en Venezuela.

Para la realización de cualquier proyecto relativo a plantas de tratamiento de aguas servidas municipales, es necesario ajustarlo a las leyes del país en el cual ha de ser realizado, en este caso a continuación se hará alusión a la legislación venezolana que priva para la ejecución de un proyecto de esta naturaleza.

- Artículos 127, 128 y 129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, los cuales establecen que: “Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la Ley”.
- El artículo 178 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela dice: “Son de la competencia del municipio, el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asigne esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés

social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas.” luego en su numeral 6 expresa: “Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios”.

- La Ley Orgánica del Ambiente, Título V, Capítulo III, en sus artículos 55: “La gestión integral del agua está orientada a asegurar su conservación, garantizando las condiciones de calidad, disponibilidad y cantidad en función de la sostenibilidad del ciclo hidrológico.” Artículo 56: “Para asegurar la sustentabilidad del ciclo hidrológico y de los elementos que intervienen en él; se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos.” Artículo 57: “Para la conservación de la calidad de las aguas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos: 1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a los que deba destinarse. 2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de agua, los recorridos de estas y su represamiento. 3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento. 4. El tratamiento de las aguas. 5. La protección integral de las cuencas hidrográficas. 6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua. 7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y su impacto sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.
- Ley de Aguas, que a lo largo de su articulado trata de la recuperación de las aguas, en el artículo 82 expresa: “Del Control. El uso de los cuerpos de agua continentales y marinos, como cuerpos receptores de efluentes líquidos está sujeto al cumplimiento de la normativa ambiental en la materia”
- Ley Orgánica para la prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, Artículo 1°. “La presente Ley tiene como objeto regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios

y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación. ”

- Normas sanitarias de calidad del agua potable. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 de fecha 13- 02-98. El objetivo de las “Normas sanitarias de calidad del agua potable” es establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento.
- Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883 de fecha 11-10-95. El objetivo de las “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” es establecer las normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos.

CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos que se plantearon en esta investigación, se realizó una metodología que consistió en cinco fases, las cuales se representan en la Figura 3.1 y se describen a continuación:

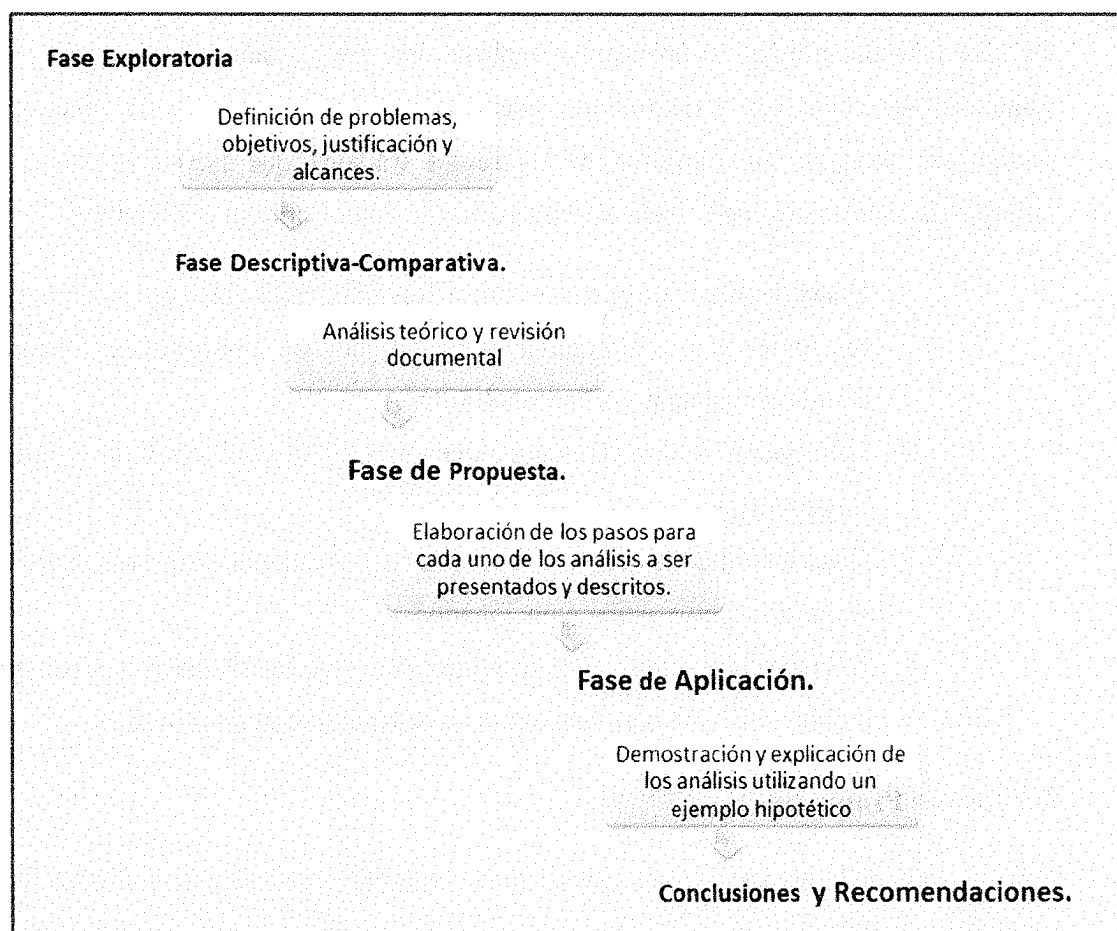


Figura 3.1. Esquema metodológico de la Investigación

3.1 Fase Exploratoria.

Esta fase fue realizada con la finalidad de conseguir la problemática relacionada con la sostenibilidad de los proyectos de tratamientos de efluentes domésticos, y establecer los objetivos e importancia de la investigación propuesta, para ello se determinaron:

1. El árbol de problemas.
2. Los objetivos.
3. La justificación.
4. Alcances del trabajo de grado.

Todos los aspectos anteriores se presentan en el Capítulo 1.

3.2 Fase Descriptiva-Comparativa.

En esta fase del trabajo se procedió a realizar una investigación documental para establecer los conceptos y definiciones técnicas que son requeridos, así mismo se realizó una revisión bibliográfica de diferentes trabajos que llevan implícito el enfoque de la sostenibilidad. Todo esto está descrito en el Capítulo 2 y conlleva:

1. Conceptualización y definiciones fundamentales relativas a las aguas residuales y su tratamiento, y de los análisis ambiental, financiero-económico, social y de sostenibilidad.
2. Descripción de los elementos técnicos para la realización de este tipo de proyectos.
3. Descripción de las leyes establecidas en Venezuela para la realización de los proyectos arriba mencionados.
4. Revisión bibliográfica de sostenibilidad y de los distintos análisis que deben realizarse para determinar la sostenibilidad de proyectos.

3.3 Fase de Propuesta.

En esta etapa de la investigación se presenta una serie de pasos para la elaboración de un análisis de sostenibilidad en proyectos de calidad ambiental, el caso particular de los efluentes domésticos, estos pasos están estructurados en una serie de análisis a realizarse los cuales están descritos en el Capítulo 4 y son:

1. Análisis ambiental.
2. Análisis financiero-económico.
3. Análisis social.
4. Análisis de sostenibilidad.

3.4 Fase de Aplicación.

Para ejemplificar cada uno de los pasos que la investigación propone, se presenta un caso de estudio que establece tres propuestas de tratamiento de aguas municipales al cual se le aplican dichos pasos, esto se describe en el Capítulo 4.

3.5 Conclusiones y Recomendaciones.

Es la fase final de la investigación, donde se sintetizaron los resultados más importantes obtenidos en el trabajo, dando a conocer, si se cumplieron o no los objetivos del mismo, además se incluyen una serie de recomendaciones, para investigaciones futuras con temas relacionados al del presente trabajo.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD.

De la revisión documental descrita en el Capítulo 2, se determinó que para realizar análisis de sostenibilidad de proyectos de calidad ambiental, específicamente sobre proyectos de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas, se debe ejecutar lo siguiente:

- Análisis ambiental.
- Análisis financiero-económico.
- Análisis social.
- Conjugación de los distintos análisis anteriores en un análisis de sostenibilidad.

Así mismo cada análisis involucra una serie de pasos, cuya propuesta también resulta de la revisión bibliográfica pertinente descrita en el Capítulo anteriormente mencionado.

4.1 Análisis Ambiental.

Los pasos a seguir son:

4.1.1 Descripción del Proyecto.

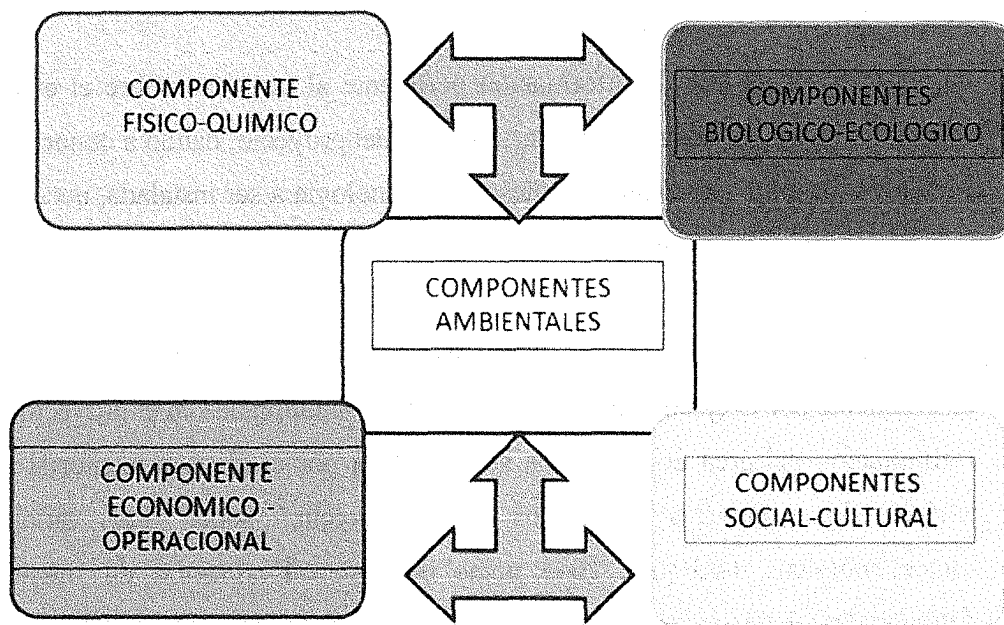
En este apartado se da toda la información pertinente al proyecto sobre el cual se harán los análisis. Se presentarán las características del proyecto, dando a conocer sus objetivos, lugar de emplazamiento, detalles de la tecnología a ser instalada, necesidad de maquinarias y equipos personales; esta información incluye como aspectos principales:

- Delimitación del área de influencia físico-natural: Superficie que será afectada directamente por la ejecución de las actividades contempladas en el proyecto.
- Delimitación del área de influencia social: Dada por el alcance territorial que tendrán los impactos derivados del proyecto, sobre las variables socioeconómicas. (Márquez, 2013 notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales). Estas áreas deben presentarse en mapas procesados en Proyección UTM, Datum Horizontal REGVEN (GRS80).

- Actividades y acciones capaces de degradar el ambiente para las fases de construcción y mantenimiento: Se presentan en forma de tabla con un resumen en el cual se describen cada una de las actividades y acciones que pueden causar un impacto al ambiente.
- Matriz insumo, procesos, productos: En esta matriz se cruzan los procesos que generan distintos productos para generar luego el balance de materiales.
- Balance de materiales: Se establece un balance de las materias primas y otros insumos para cada producto que ingresa a un proceso con los productos, subproductos y desperdicios, que en él se originan.
- Medidas endógenas: Son aquellas medidas que están implícitas en el proyecto con el fin de mitigar, controlar, evitar o compensar los posibles daños ambientales que se generen.

4.1.2 Caracterización ambiental.

Se refiere a la descripción de las variables o componentes ambientales a ser afectados directa o indirectamente por el proyecto. Esta reseña debe ejecutarse sobre la base de estudios recientes existentes o los resultados obtenidos en estudios de línea base, y debe contener los aspectos presentes en la Figura 4.1.



Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.
Figura 4.1 Aspectos a describir en una caracterización ambiental.

En la Tablas 4.1; 4.2; 4.3 se presenta un resumen de los aspectos relativos al componente físico-químico, componente biológico-ecológico y socio-económico respectivamente.

Tabla 4.1. Aspectos relativos al componente físico-químico.

Geología Histórica	Unidades Geomorfológicas	Propiedades físicas y químicas (pH, nutrientes, m.o., sales solubles)
Geología Regional	Procesos morfo genéticos	Capacidad agrológica (fertilidad, profundidad, pedregosidad, erodabilidad)
Estructuras	Análisis morfométrico y de pendiente (Zonas altas)	
Litología	Morfología litoral, estudios batimétricos, de procesos sedimentarios y transporte litoral (Áreas costeras)	
Condiciones sísmicas		
Condiciones Geotécnicas		
Depósitos minerales		
Precipitación (Relación IDF, tormentas y escurrimiento)	Delimitación de cuencas hidrográficas	Caracterización de las corrientes regionales y locales (dirección, velocidad y profundidad)
Evaporación y Evapotranspiración	Identificación de cuerpos de agua	Régimen de mareas
Temperatura	Registros fluviométricos	Régimen del oleaje local
Humedad	Gasto máximos, de estiaje y promedios	Régimen de tormentas
Radiación solar	Procesos de sedimentología.	
Índice Fitoclimático	Estudios limnológicos	
Velocidad y dirección de los vientos predominantes	Identificación y tipos de acuíferos (incluyendo distribución, rendimiento y características hidrogeológicas)	
Medición de las variables físico químicas y biológicas: Transparencia, turbiedad, sólidos (en todas sus formas), temperatura, oxígeno disuelto, DBO, DQO, pH,	Presencia de fuentes contaminantes (fijas y móviles) partículas sólidas en suspensión y de gases en atmósfera (CO2, CO, O3, SO2, NOx)	Identificación de fuentes generadoras de ruido, medición de nivel de presión, nivel de ruido continuo equivalente

Continuación Tabla 4.1. Aspectos relativos al componente físico-químico.

nutrientes, contaminantes, y microorganismos patógenos	Análisis de las características de los contaminantes.	Clasificación de los niveles de ruido (continuo, intermitente y ocasional)
--	---	--

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Tabla 4.2. Aspectos relativos al componente biológico-ecológico.

Identificación y cuantificación de unidades o comunidades de vegetación terrestre y acuática-	Identificación de poblaciones terrestres y acuáticas
Listado de: especies representativas, raras o amenazadas, endémicas o en vías de extinción	Identificación de refugios, hábitats, áreas de nidificación o cría de especies terrestres
Caracterización de la vegetación (descripción fisonómica, grado de intervención, valor protector y económico)	Identificación de áreas de apareamiento y de desove de fauna acuática-
	Migraciones de especies de importancia
	Identificación de especies con valor o interés comercial, deportivo, ornamental, ecológico
	Listado de especies raras o amenazadas, endémicas o en vías de extinción e indicadores de contaminación

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Tabla 4.3. Componente Socio- económico.

Densidad de población	Actividades económicas establecidas	Ocupación del territorio
Distribución urbano-rural	Distribución ocupacional	Organización espacial de los asentamientos humanos
Composición por edad y sexo	Volumen de producción actual	Jerarquización del sistema de centros poblados
Tendencia de crecimiento y migración	Mercados y actividades comerciales	
Grado de escolaridad		
Población económicamente activa		
Nivel de ingresos		

Continuación Tabla 4.3. Componente Socio- económico.

Uso actual y potencial de la tierra y de los recursos naturales	Descripción y localización de servicios comunitarios (indicando poblaciones beneficiadas)	Caracterización del paisaje natural y modificado
Incluyendo información sobre el régimen legal	Indicar proyectos, planes y programas destinados a ampliarlos o mejorarlos	
Costumbres o tradiciones del área	Grupos Sociales	
Festividades cívicas o religiosas	Relaciones inter e intergrupales	
Características históricas, arqueológicas, paleontológicas, antropológicas o arquitectónicas	Organismos Públicos / Privados	
	Línea de Pobreza	

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

4.1.3 Identificación de impactos.

Cada tecnología de sistemas de tratamiento posee características particulares, requiere espacios distintos y está diseñada para un número de pobladores específicos, por lo tanto presentarán diferencias en los impactos potenciales en cada etapa de su desarrollo. Para la identificación de los impactos se requiere conocer los componentes, las actividades y las acciones que se llevan a cabo en cada etapa del proyecto, puesto que cada una de las acciones pueden generar un potencial impacto. La forma en que esta identificación se realiza es en base a matrices en las cuales en primera instancia se cruzan componentes versus actividades, seguidamente actividades vs acciones y se finaliza con la matriz de acciones e impactos potenciales. En el Apéndice 4.1 se presentan resúmenes de lo anteriormente mencionando para las tecnologías laguna de estabilización y filtros percoladores. En la Tabla 4.4, se presenta una matriz de componente vs actividades para una planta de tratamiento por

lodos activados en su etapa de operación y mantenimiento, de la cual se obtienen las principales actividades que esta planta llevara a cabo.

Tabla 4.4. Matriz componente vs actividades etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Ajuste de la tasa de aire	Limpieza y revisión de los difusores.	Chequeo de PH	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	Control de efluentes
Sedimentador primario	-----	X	X	X		X
Tanque de aireación	X	-----	-----	----	----	----
Sedimentador secundario	-----	X	X	X	----	X
Sistema de tratamiento y disposición de lodos	-----	X	X	----	X	X

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.5 se presentan la matriz actividades vs acciones con la cual se obtienen las acciones que cada actividad deberá realizar.

Tabla 4.5. Matriz actividades vs acciones etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Contratación de mano de obra de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos y repuestos	Uso de químicos	Disp. de desechos	Disp. de lodos y efluentes
Ajuste de la tasa de aire	X	X	X	----	X	----

Etapa de operación y mantenimiento						
Acciones						
Actividades	Contratación de mano de obra de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos y repuestos	Uso de químicos	Disp. de desechos	Disp. de lodos y efluentes
Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	X	X	X	X	X	X
Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	X	X	X	X	X	X
Control de efluentes	X	X	X	X	X	X
Limpieza y revisión de los difusores	X	X	X	X	X	X
Chequeo de PH	X	X	X	X	X	X

Tabla 4.5 Continuación
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.6 muestra la matriz acciones vs componentes ambientales en ella se presentan los distintos componentes que son afectados y se identifican los impactos ambientales.

Tabla 4.6. Matriz acciones vs componentes ambientales etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Componente Físico - Químico	Componente Biológico-Ecológico	
	Agua	Fauna	Flora
ACCIONES			
Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	----	----	----
Transporte de equipos y repuestos	----	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Transporte de personal	----	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	----

	Componente Físico - Químico	Componente Biológico-Ecológico	
ACCIONES	Agua	Fauna	Flora
Disposición de desechos	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Disposición de lodos y efluentes	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Uso de químicos	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas

	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
ACCIONES	Valores estéticos y paisajísticos.	Aspectos económicos
Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	---	Generación de empleo
Transporte de equipos y repuestos	Alteración de la estética del paisaje	---
Transporte de personal	Alteración de la estética del paisaje	---
Uso de químicos	Alteración de la estética del paisaje	---
Disposición de desechos	Alteración de la estética del paisaje	---
Disposición de lodos y efluentes	Alteración de la estética del paisaje	---

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Selección de impactos.

Para la selección se utiliza la metodología propuesta por el profesor Pérez. En el curso de evaluación de impactos ambientales (CIDIAT 2014), en la que se seleccionan los impactos utilizando una serie de características que ellos poseen, estas son: naturaleza, efecto, momento, periodicidad y recuperabilidad. A continuación se desglosa el procedimiento para la selección, describiendo los criterios, su cuantificación y la forma de selección de los impactos:

- Naturaleza: Define el signo del impacto. Positivo para impacto beneficioso o negativo para perjudicial.
- Efecto: Se refiere a la relación causa efecto. Es decir acción y cambio en el parámetro ambiental. Si es directa, entonces el efecto es primario, es secundario si el impacto se genera como consecuencia de un impacto primario. En la Tabla 4.7 se presenta el valor del efecto.

Tabla 4.7. Valores del Efecto

Indirecta o secundaria	1
Directa o primaria	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

- Momento: Es definido como el tiempo que ocurre entre la aparición de la acción (t_0) y la aparición del impacto (t_j) sobre el parámetro ambiental considerado. El momento será:

$$T(m)=t(j)-t(0)$$

Ecuación 4.1.

En la Tabla 4.8 se presentan los valores del momento.

Tabla 4.8 Valores del momento.

t(m)=0 Inmediato	4
t(m)<1 año Corto plazo	3
t(m) entre 1 a <10 años Mediano plazo	2
t(m)>10 años largo plazo	1
Crítico*	+1 a +4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

*Se refiere a que a cualquiera de los demás valores se les debe sumar 1 a 4 puntos si el plazo de manifestación es crítico. Por ejemplo, ruido por la noche en las cercanías de un centro hospitalario, se le debe sumar 1 a 4 puntos al valor de inmediato. Otro ejemplo es la previsible aparición de una plaga antes de una cosecha. La manifestación es de mediano plazo. Se le debe sumar 1 a 4 puntos por ser crítica la manifestación.

•Periodicidad: Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que los producen están constantes en el tiempo) o discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular pero no constantes en el tiempo). La periodicidad discontinua puede ser periódica, cíclica o intermitente cuando los plazos de manifestación son regulares y con una cadena establecida; la periodicidad puede ser aperiódica o irregular cuando la manifestación discontinua del impacto se repite de una manera irregular en el tiempo. En la Tabla 4.9 se presentan los valores de periodicidad.

Tabla 4.9. Valores de periodicidad.

Irregular (aperiódico y esporádico)	1
Periódico o de regularidad intermitente	2
Continuo	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

- **Recuperabilidad:** Atiende a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del parámetro ambiental afectado por una acción. Es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de intervención humana, o sea mediante la introducción de medidas correctoras o restauradoras. En la Tabla 4.13 se presentan los valores de Recuperabilidad.

Tabla 4.10. Valores de Recuperabilidad.

Intervalo de tiempo de recuperación (t)	Valor
t=0 inmediato	1
t<1 año corto plazo	2
1<t<10 años medio plazo	3
10<t<15 años largo plazo	4
t>15 años recuperable/irrecuperable	4
T>>15 años irrecuperable	8
Mitigable/compensable/sustitutorio/contraprestación	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

A continuación se enumeran los pasos para calcular el valor del impacto ambiental potencial a seleccionar (VIAPS).

- Determinar la naturaleza de cada uno de los impactos identificados.
- Determinar los valores de los atributos Efecto, Momento, Periodicidad y Recuperabilidad de cada uno de los impactos identificados.
- Calcular el VIAPS realizando la suma de los valores de los atributos.
- Se normaliza el VIAPS, para ello se debe:
 - Estimar el mínimo VIAPS sumando los valores mínimos que tienen cada uno de los atributos.
 - Estimar el máximo VIAPS sumando los valores máximos que tienen cada uno de los atributos.
 - Calcular el VIAPS normalizado como:

$$+-(VIAPS \text{ calculado}-VIAPS \text{ mínimo}) / (VIAPS \text{ máximo}-VIAPS \text{ mínimo})$$

Ecuación 4.2.

4.1.5 Descripción del impacto ambiental.

Se debe describir el impacto ambiental considerando los siguientes elementos: Código, Nombre del impacto, tipo de impacto (primario o secundario), impactos asociados, indicador a ser usado, el componente o medio a ser afectado, actividades capaces de generar el impacto y si se tiene previsto alguna medida de control. La Figura 4.2 muestra la planilla usada para selección de impactos.

Nombre del Impacto		Código del Impacto
Tipo de Impacto:	Indicador	
Impactos asociados:		
Componente y media a afectar:		
Actividades capaces de generar el Impacto		
Etapa	Actividad	
Descripción del Impacto:		
Medida Endógena:		

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Figura 4.2 Planilla para descripción de impactos ambientales.

4.1.6 Evaluación del impacto ambiental.

En este caso, se considera la aplicación de la matriz de evaluación rápida de impactos, conocida como RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix). La matriz rápida de evaluación del impacto (RIAM) es una herramienta que permite organizar, analizar y presentar los resultados de una evaluación del impacto ambiental global, para una o varias opciones de proyecto. En esta metodología los impactos sobre el medio son evaluados según el componente a afectar, como se muestra en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Componentes Ambientales de la matriz RIAM

COMPONENTE AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABLE AMBIENTAL
Físico-Químico (PC)	Engloba todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales finitos (no biológicos, por ejemplo, contaminación, erosión, calidad del agua, aire y suelo). Se usa el color verde para identificarlos.
Biológico-Ecológico (BE)	Incluye los aspectos biológicos del ambiente, tales como: recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies y contaminación de la biósfera (flora, fauna, vectores de enfermedades, biodiversidad). Se identifican en color rojo.
Socio-Cultural (SC)	Contempla los aspectos humanos del ambiente, incluyendo tópicos sociales que afectan a los individuos y a las comunidades, junto con los aspectos culturales como la conservación del patrimonio cultural y el desarrollo humano. Por ejemplo, la demanda de agua, la pérdida de vivienda, el empleo, la inmigración o emigración. Se representan en color gris.
Económico-Operacional (EO)	Incluye los aspectos para identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio ambiental, temporal y permanente. También contempla la complejidad del manejo del Proyecto dentro del contexto de sus actividades, por ejemplo: Pérdida de cosechas, pesca, turismo, costo de operación y mantenimiento, entre otros. Se representan en color azul.

Fuente: Pastakia (1998).

El RIAM usa cinco criterios de evaluación los cuales están divididos en dos grupos A y B.

- En el grupo A se definen dos criterios, el primero corresponde a la importancia de la situación (A1) y el segundo a la magnitud del cambio o el efecto (A2).
- En el grupo B se consideran tres criterios que son: la Permanencia (B1), la Reversibilidad (B2) y la acumulación o sinergia (B3).

Para la evaluación de estos criterios la metodología RIAM se muestra los rangos de valores presentados en la Tabla 4.12 para el grupo A y en la Tabla 4.13 para el grupo B.

Tabla 4.12. Criterios del grupo A de la matriz RIAM

GRUPO	CRITERIO	SIGNIFICADO Y ESCALA DE VALORES
GRUPO A	Importancia de la condición A ₁	Define la importancia de la condición del impacto, la cual se evalúa en función de los límites espaciales o de los intereses humanos a ser afectados, calificada como "no importante" hasta "importante" para los intereses nacionales o internacionales. Es una valoración cualitativa por consenso, independiente de los otros criterios, que puede ser importante a pesar de que su magnitud sea mínima. Escala de valores 4 = De importancia Nacional / Interés Internacional 3 = De importancia Regional / Interés Nacional 2 = Importante para áreas inmediatas fuera de las condiciones locales 1 = Importante solo para la condición local 0 = Sin Importancia
GRUPO A	Magnitud del cambio o efecto A ₂	Este criterio mide la escala o intensidad del impacto en función de su beneficio o no beneficio. Por ejemplo: "no beneficio o cambio mayor", "no cambio o status quo", "beneficio positivo mayor". Mientras mayor sea la intensidad del impacto, mayor será la valoración de su magnitud. Escala de valores +3 = Mayor Beneficio Positivo +2 = Mejora significativa del status quo +1 = Mejora en el status quo 0 = Sin cambios -1 = Cambio negativo del status quo -2 = Desmejora o Cambio negativo significativo -3 = Desmejora o Cambio Mayor

Fuente: Pastakia (1998).

Tabla 4.13. Criterios del grupo B de la matriz RIAM

GRUPO	CRITERIO	SIGNIFICADO Y ESCALA DE VALORES
GRUPO B	Permanencia B1	Es el tiempo de exposición del impacto, que puede ser temporal o permanente. Entre mayor sea la permanencia, mayor será la valoración de este criterio. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = Temporal 3 = Permanente
GRUPO B	Reversibilidad B2	Es una medida de control sobre el efecto del impacto y define si éste puede ser cambiado; no debe confundirse con "Permanencia". Por ejemplo: Un derrame accidental de un tóxico sobre un río es una condición temporal (B1), pero su efecto (muerte de peces) es irreversible (B2). El criterio Reversible aplica si al eliminar la causa desaparece el impacto, mientras que es Irreversible cuando el impacto persiste a pesar que se eliminó la acción generadora. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = Reversible 3 = Irreversible
	Acumulativo B3	Mide si el efecto del impacto es único o si existen efectos acumulativos en el tiempo. El criterio Acumulativo es un medio para juzgar la sostenibilidad de la condición y no debe confundirse con una situación permanente o irreversible. Mientras mayor sea la acumulación, se pueden desencadenar otros impactos de manera sinérgica. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = No Acumulativo / Simple 3 = Acumulativo / Sinérgico

Fuente: Pastakia (1998)

Para determinar el puntaje (score) ambiental el método emplea las ecuaciones de la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Ecuaciones de la matriz RIAM

$A1 \times A2 = AT$	Ecuación 4.3
$B1 + B2 + B3 = BT$	Ecuación 4.4
$AT \times BT = ES$	Ecuación 4.5

Fuente: Pastakia (1998).

Dónde:

$A1$ y $A2$ son los puntajes de los criterios individuales del Grupo "A".

$B1$, $B2$ y $B3$ son los puntajes de los criterios individuales del Grupo "B".

AT es el resultado de la multiplicación de los puntajes del Grupo "A".

BT es el resultado de la suma de los puntajes del Grupo "B".

ES es el puntaje general de la evaluación del componente ambiental.

Este método jerarquiza los posibles impactos de las acciones sobre las variables ambientales en 11 categorías: Neutro (N), una escala de 5 grados de impacto beneficioso (+A $\rightarrow$ +E) y una escala de 5 grados de impacto adverso (-A $\rightarrow$ -E). En la Tabla 4.15, se detalla esta información.

Tabla 4.15. Rangos según puntaje (ES) para jerarquizar los impactos en el RIAM.

PUNTAJE (ES)	RANGO	INTERPRETACIÓN
+72 a +108	+E	Cambio/Impactos positivos mayores
+36 a +71	+D	Cambio/Impactos positivos significativos
+19 a +35	+C	Cambio/Impactos positivos moderados
+10 a +18	+B	Cambio/Impacto positivo
+1 a +9	+A	Cambio/Impacto ligeramente positivo
0	N	Sin Cambios o importancia
-1 a -9	-A	Cambio/Impacto ligeramente negativo
-10 a -18	-B	Cambios/Impacto negativo
-19 a -35	-C	Cambio/Impactos negativos moderados
-36 a -71	-D	Cambio/Impactos negativos significativos
-72 a -108	-E	Cambios/Impactos negativos mayores

Fuente: Pastakia (1998).

Luego de utilizar el programa RIAM, se obtienen los resultados y se presentan junto con las observaciones que sean necesarias. El criterio a ser utilizado para determinar la sostenibilidad desde este punto de vista es el puntaje ambiental.

4.2 Análisis Financiero-Económico

Existen diferencias entre una evaluación financiera y una evaluación económica, la Tabla 4.16 presentan tales diferencias.

Tabla 4.16. Diferencias entre el análisis financiero y el análisis económico.

Tópico	Eval. Financiera	Eval. Económica
Punto de vista	Privado	Sociedad
Precios	Mercado	Económicos, sombra, de cuenta.
Tasa de descuento	Mercado	Social, económica
Gastos de transferencia	Incluye pago de deuda, impuestos, subsidios	No los incluye
Indicador de rentabilidad	VAN, TIR, CAE	VAN, TIR, CAE

Fuente: CIDIAT (2013). Notas del curso Evaluación de Proyectos.

La evaluación financiera va dirigida expresamente hacia el sector inversionista privado mientras que la evaluación económica va dirigida hacia la sociedad ya que el que invierte es el Estado; los precios que se utilizan en la evaluación financiera son los precios establecidos por el mercado y los precios económicos dependen de la relación precio cuenta o precios de sombra; en cuanto a los impuestos desde el punto de vista financiero se toman en cuenta ya que deben ser pagados en las evaluaciones económicas no se toman en cuenta ya que el Estado no paga impuestos. En este trabajo de investigación se utilizarán como indicadores para la sostenibilidad del proyecto el costo anual equivalente CAE para el análisis financiero y un análisis costo-beneficio para el análisis económico.

Los pasos para la realización del el análisis financiero son:

1. Se obtienen los costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos, en bolívares o en la moneda correspondiente al lugar del proyecto.
2. Se calcula el valor presente de los costos (VPC) el cual permite evaluar alternativas de igual vida útil, se define de la siguiente manera:

$$VPC = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Dónde:

C_t = Costos incurridos durante el período t.

i = Tasa de descuento.

t= vida útil.

n= Horizonte de evaluación.

3. El VPC permite comparar alternativas de proyecto de igual vida útil y la mejor alternativa desde el punto de vista técnico financiero es aquella con menor VPC.
4. En función del VPC se calcula el Costo Anual Equivalente (CAE). El CAE es un término utilizado para describir la cantidad de dinero similar por año de los costos de un proyecto durante la vida útil del mismo y permite comparar alternativas con distinta vida útil. Se calcula así:

$$CAE = VPC \times FRC \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Dónde:

VPC=valor presente de los costos.

FRC= Factor de recuperación del capital. Esta se calcula de la siguiente manera:

$$FRC = \frac{\left\{ \left[(1+i)^n \right] \times i \right\}}{\left\{ \left[(1+i)^n \right] - 1 \right\}} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Para el análisis económico:

1. Una vez realizado el análisis financiero se procede a ejecutar el análisis económico. Como ya se tienen los costos estos deben llevarse a precios económicos. Dado que en Venezuela no existe una relación precio cuenta, se pueden usar la relación precio cuenta de otro país asumiendo que son iguales y de esta manera obtener dichos precios para proceder luego a realizar los cálculos de VPC y CAE. La ecuación para transformar los precios financieros a precios económicos es la siguiente:

$$PE=PF * RPC \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde:

PE=Precio económico.

PM= Precio financiero.

RPC= Relación precio cuenta.

2. Para obtener los beneficios de estos proyectos de aguas servidas se puede usar el método recomendado en este trabajo de investigación es el método de valoración contingente. El método consiste en consultar los cambios en el bienestar de las personas ante un cambio en bienes o servicios ambientales. La valoración contingente debe realizarse por medio de encuestas en la zona que se verá beneficiada o afectada por el proyecto. Los pasos para la realización de una valoración contingente se enumeran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Pasos en la valoración contingente.

	Definir con precisión lo que se desea valorar en unidades monetarias.
	Definir la población relevante.
	Concretar los elementos de simulación del mercado.
	Decidir la modalidad de entrevista.
	Seleccionar la muestra.
	Redactar el cuestionario.

Continuación Tabla 4.17. Pasos en la valoración contingente.

	Realizar las entrevistas.
	Explotar estadísticamente las respuestas.
	Presentar e interpretar los resultados.

Fuente: Riera (1994) con modificaciones del autor.

3. Después de obtener los beneficios de la valoración contingente, y los costos anuales equivalentes, se efectúa un análisis costo-beneficio con los datos obtenidos anteriormente para el análisis económico. El análisis costo-beneficio consiste en realizar una comparación entre los gastos que generan los costos y los beneficios del proyecto así se determina si existe ganancias o pérdidas en la ejecución del proyecto, comparando entre las distintas alternativas que se tienen, cuál aporta mayores beneficios en términos monetarios.

4.3 Análisis Social.

Los proyectos de aguas residuales por sus características particulares (en lo referente a ubicación) hacen que sea un tanto difícil ejecutar un análisis social de equidad, puesto que al definir un espacio para la obra es evidente que la población aledaña independientemente de sus recursos económicos se verá beneficiada por la planta de tratamiento. Sin embargo, si existen varias ubicaciones posibles, el análisis permite determinar cuál es el lugar más propicio en función de conseguir una equidad progresiva. Se propone la siguiente metodología para la realización de este análisis para cada alternativa de proyecto:

1. Se deben buscar los datos del último censo, de las poblaciones que se verán afectadas por el proyecto.
2. Se investigan los diferentes estratos económicos de las poblaciones y se clasifican según los diferentes salarios que puedan tener.
3. Se calcula el beneficio anual neto equivalente del proyecto, el cual corresponde a la diferencia entre el beneficio anual y el costo anual equivalente del análisis económico.

4. Se divide el valor de los ingresos familiares, entre el beneficio anual neto equivalente, el resultado que se obtiene se multiplica por cien para mostrarlo en porcentajes.
5. Si el porcentaje aumenta en dirección de los menores salarios se tendrá una equidad progresiva, si aumenta en dirección de los salarios más altos se tendrá una equidad regresiva y por último, si los porcentajes son iguales se tendrá una equidad de tipo equitativa.

El criterio a ser usado bajo la óptica de la sostenibilidad será que los proyectos con equidad progresiva son los más aptos, seguidos por los proyectos con equidad de tipo equitativa.

4.1.4 Análisis de Sostenibilidad

Se realizó una investigación documental acerca de los distintos procedimientos y herramientas para la toma de decisiones que permitan ejecutar el análisis de sostenibilidad. Con base en esto se ejecutó una investigación sobre programas que permitan la integración de diferentes criterios, para determinar precisamente la sostenibilidad de un proyecto del tipo que la investigación plantea. Este análisis es la evaluación del proyecto dadas todas las variables como lo son ambiental, financiera, económica y social, estas variables se procesarán en un software conocido como *Expert Choice* (decisión de experto) el cual es una herramienta que permite un enfoque multicriterio jerárquico de toma de decisiones, que bajo la óptica de varios profesionales determinará si una alternativa de proyecto es sostenible o no.

Los pasos para usar *expert choice* se explican a continuación y se presentan en las figuras 4.3 y 4.4.

- Se inicia el programa y se crea un nuevo modelo directo.
- Aparece una ventana para introducir la meta que se desea.
- Se hace clic con el botón secundario sobre la meta y se escoge insertar objetivo
- Se colocan los análisis a ser comparados.
- Se escriben cada una de las alternativas a comparar.
- Se da clic sobre la meta y luego se selecciona el botón comparación por pares con la finalidad de establecer la ponderación entre los diferentes análisis es decir cuál es más importante según el criterio de cada profesional.

- Se procede a realizar la comparación por pares.
- Ahora se seleccionan cada uno de los análisis, igualmente se marca el botón comparación por pares y se ponderan las opciones de proyecto.
- Este procedimiento se realiza con cada profesional entrevista para cada uno de los análisis.
- Para ver los resultados se selecciona la tecla ver gráfica de la comparación por pares.
- Al seleccionar esa tecla se botón se verán los resultados.

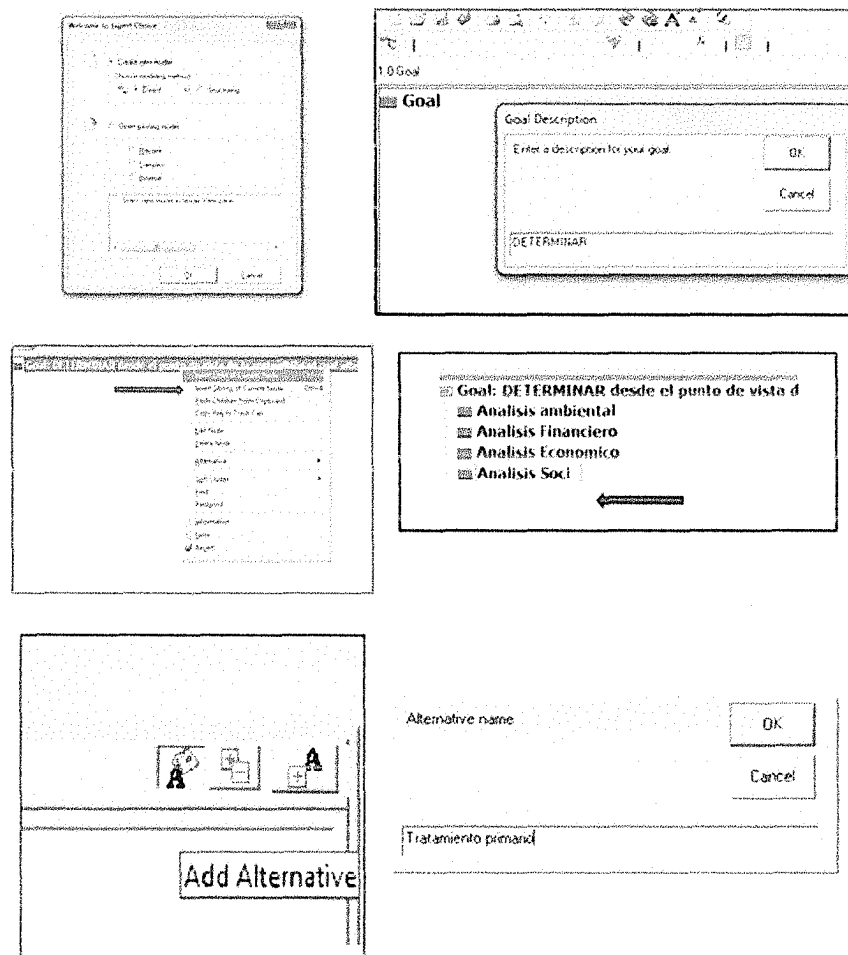


Figura 4.3.Inicio del expert choice.

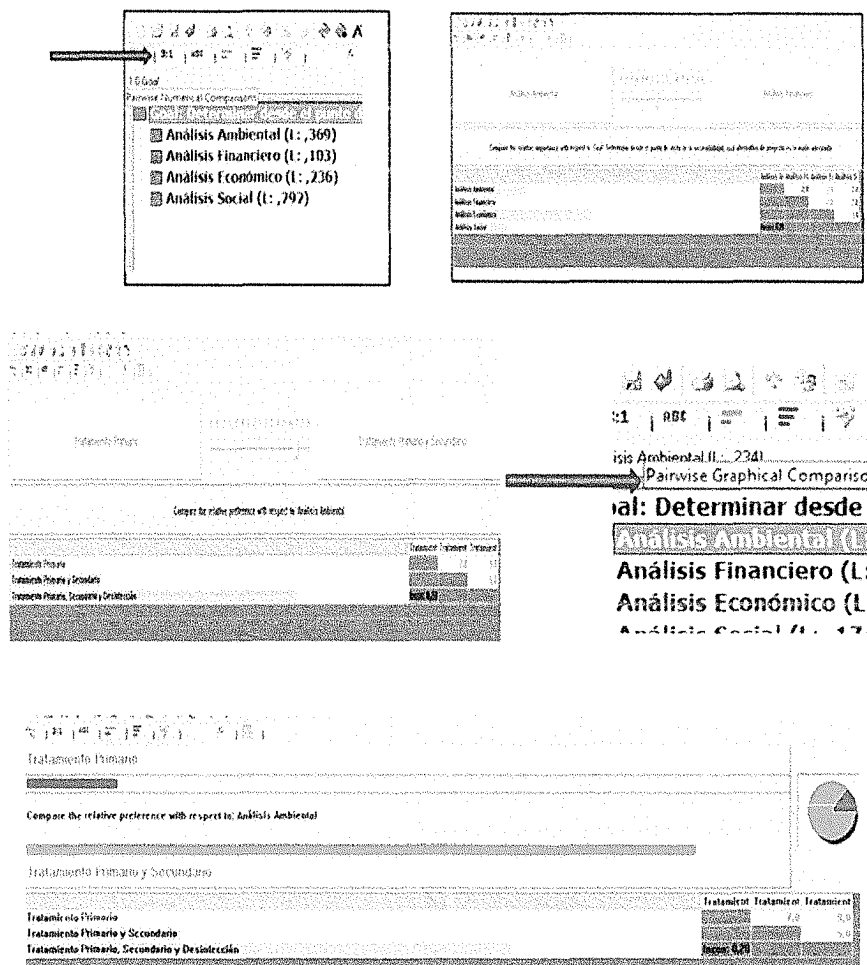


Figura 4.4. Cálculo con expert choice.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA A UN CASO DE ESTUDIO.

En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de los diferentes tipos de análisis efectuados con sus referencias particulares y sus indicadores de sostenibilidad.

Tabla 5.1.Resumen de los análisis evaluados.

Ambiental	Puntaje Ambiental	Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre"	Impactos ambientales obtenidos de la matriz acciones vs componentes ambientales, caracterización ambiental
Financiero	Costo anual equivalente	Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino"	Costos de inversión y operación y mantenimiento
Económico	Relación costo/beneficio	Análisis financiero, relación precio cuenta de Colombia, datos poblacionales de las localidades beneficiadas por el proyecto	Costos calculados en el análisis financiero, sueldos promedios de los habitantes, número de habitantes
Social	Equidad	Datos de las poblaciones de Engativá y Fontibón	Salarios, número de habitantes

Fuente: Elaboración propia.

En el presente Capítulo serán ejemplificados los pasos propuestos en el caso de estudio tomado de la Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre" realizada por Bermúdez (1999), tomando en cuenta los datos del agua cruda que ingresa a dicha planta; también se utilizó valores del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino" y los datos poblacionales de las localidades que se ven beneficiadas por

el proyecto. Cabe destacar que el objeto de este trabajo de investigación no es ahondar en los análisis, sino simplemente dar a conocer la metodología propuesta.

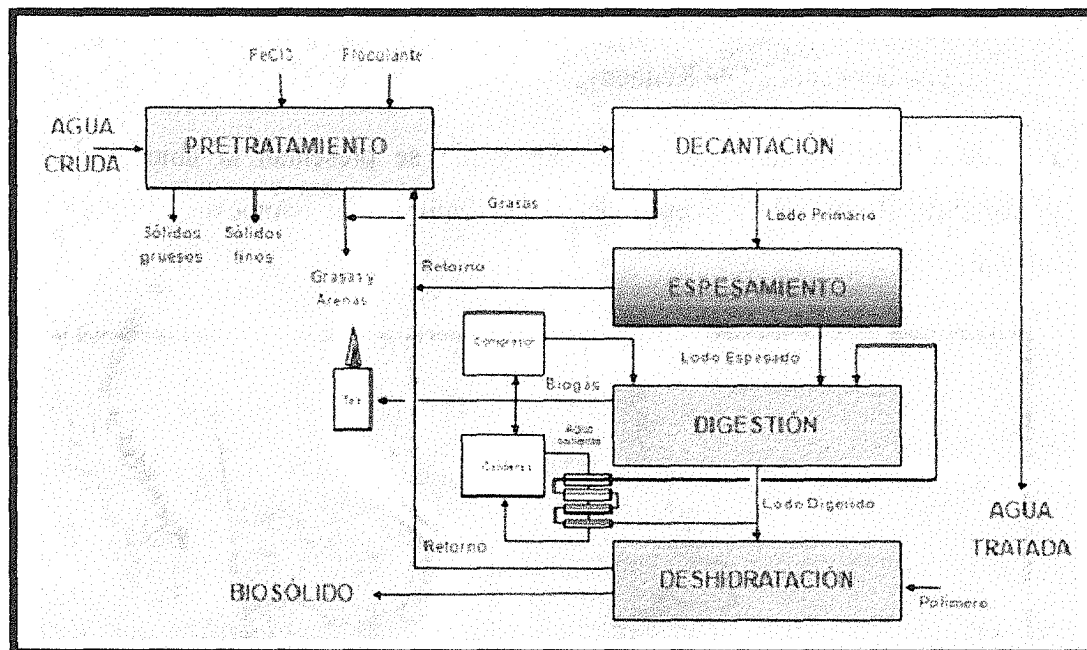
5.1 Análisis Ambiental.

5.1.1 Breve descripción del proyecto.

Se desea construir una planta de tratamiento primario y secundario para el río Salitre, esta planta presenta tres posibilidades de desarrollo: la primera es un tratamiento primario con el que desaparecerán los olores fétidos y los sólidos flotantes desagradables que se presentan en la actualidad. No obstante, este tratamiento hará que el agua tenga un olor característico, que se describe como “*musty*” (rancio, mohoso, añejo); la segunda opción abarca el tratamiento primario y un tratamiento secundario con el que desaparecerá todo tipo de olor y el río recuperará su color natural y finalmente la tercera opción ofrece aparte de las anteriores un proceso de desinfección en el tratamiento secundario que reducirá drásticamente la población de agentes patógenos dentro del río. Cada opción podría generar ciertos beneficios, tales como:

- La primera opción, eliminación de los malos olores generados por el agua contaminada, genera el beneficio de poder caminar y jugar por las orillas del río una vez que el agua sea descontaminada. Este será el nivel de calidad A.
- La segunda opción, genera un mejoramiento estético del río. Este será el nivel de calidad B.
- La tercera opción, genera la disminución en los riesgos a la salud, asociados a una menor presencia de agentes patógenos en el río y con miras a poder navegar por este. Este será el nivel de calidad C.

La planta de tratamiento (PTAR) el Salitre contempla un tratamiento primario adaptado y químicamente asistido, que cuenta en sus instalaciones con dos etapas de cribado, un desarenador, desengrasado y clarificación para las aguas residuales. Sobre los lodos generados con el tratamiento se efectúan operaciones de espesamiento, digestión y deshidratación. Adicional al agua tratada dos subproductos son obtenidos: biogás y biosólidos. En la Figura 5.1 se muestra el esquema general de la planta.



Fuente: Agenda río Bogotá (2010).

Figura 5.1. Esquema general de la planta de tratamiento.

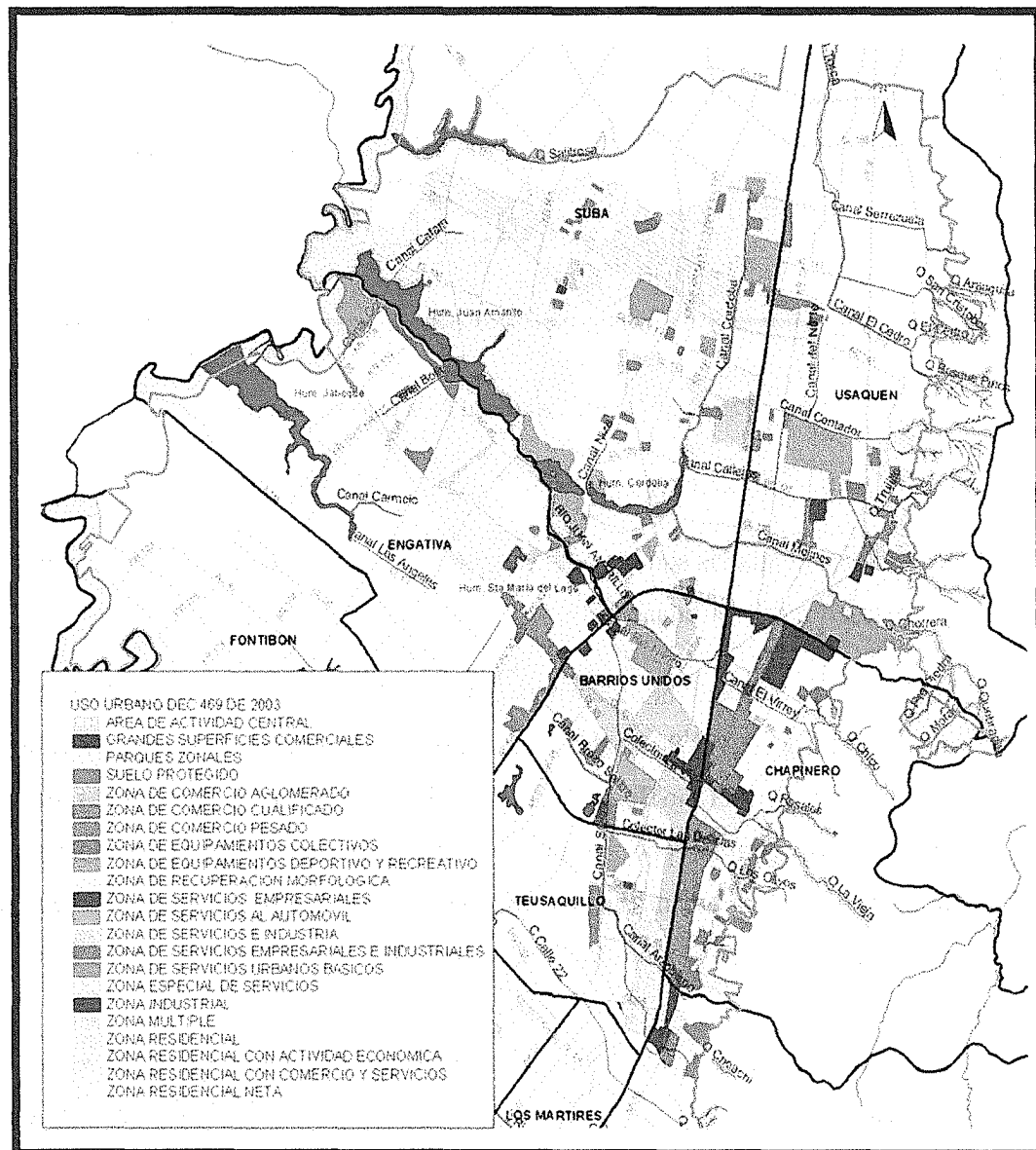
Áreas de Influencia del Proyecto

Las localidades afectadas son las poblaciones conocidas como Engativá y Fontibón¹, las cuales se describen a continuación:

- Engativá: pertenece al Distrito Capital de Bogotá, su población es de aproximadamente 893.944 hab. (para el año 2005). Limita al norte con la localidad Suba por medio del río Juan Amarillo, al oriente con las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo por medio de la Avenida Carrera 68, al occidente con el Municipio de Cota por medio del río Bogotá y al sur con la localidad Fontibón por medio de la Avenida el Dorado y el costado norte del Aeropuerto El Dorado.
- Fontibón: pertenece al Distrito Capital de Bogotá, su población es de aproximadamente 327.933 hab (para el año 2005). Limita al norte con la localidad de Engativá al oriente, con las localidades de Puente Aranda y Teusaquillo; al

¹ Los datos que en este apartado se presentan no estaban dentro del caso de estudio ya que este se enfoca exclusivamente en un análisis económico usando una valoración contingente por la tanto la información obtenida es tomada de los portales web de las Alcaldías de las zonas afectadas y de libros generados por la alcaldía mayor de Bogotá.

A continuación en las Figuras 5.2, 5.3 y 5.4 se presentan la ubicación de estas poblaciones dentro de la cuenca del río el Salitre y la composición interna de las mismas.



Fuente: Río el Salitre (2008).

Figura 5.2. Poblaciones influenciadas por el Proyecto, en la cuenca del río Salitre.

5.1.2 Caracterización Ambiental.

Los datos relevantes a este apartado se encuentran en el Apéndice 5.1.

5.1.3 Identificación, selección y descripción de impactos.

5.1.4.1 Identificación de impactos.

En el apartado 4.1.3 del Capítulo 4 se muestra la realización de una serie de matrices en las cuales se discretizan los impactos según etapas, como construcción y operación y mantenimiento, para la ejecución del caso de estudio se tomaron las correspondientes a la etapa de operación y mantenimiento de una planta por lodos activados. Se presenta en la Tabla 5.2 el resumen de los componentes, actividades y acciones y en la Tabla 5.3 los posibles impactos ambientales que se generarían en esta etapa.

Tabla 5.2. Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento por lodos activados.

Sedimentador primario	Ajuste de la tasa de aire	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Tanque de aireación	Limpieza y revisión de los difusores.	Transporte de equipos y repuestos
Sedimentador secundario	Chequeo de pH	Transporte de personal
Sistema de tratamiento y disposición de lodos	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Uso de químicos
	Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	Disposición de desechos
	Control de efluentes	Disposición de lodos y efluentes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3. Posibles impactos ambientales en la etapa de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento por lodos activados.

Componente Físico Químico	Componente Biológico Ecológico	Componente Social Cultural	Componente Económico Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Oposición social del proyecto	Generación de empleo
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Contaminación y muerte de especies acuáticas	Alteración de la estética del paisaje	

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2 Selección de impactos ambientales.

En la Tabla 5.4 se presenta el cálculo de VIAPS.

Tabla 5.4 Calculo de VIAPS.

Impacto	Signo	Importancia	Frecuencia	Reversibilidad	Gravedad	VIAPS	VIAPS	VIAPS
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, etc.)	(-)	4	1	1	-6	3	12	-0,3
Cambio en la calidad del agua producto de la alteración por introducción efluentes	(-)	4	4	4	-12	3	12	-1
Contaminación y ecotoxicidad en la biota	(-)	1	2	2	-5	3	12	-0,2
Contaminación y muerte de especies acuáticas	(-)	1	2	2	-5	3	12	-0,2
Aceptación social del proyecto	(+)	1	2	2	-5	3	12	0,2
Alteración de la estética del paisaje	(-)	1	3	4	-8	3	12	-0,6
Generación de empleo	(+)	4	2	4	10	3	12	0,8

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de continuar la ilustración de los pasos propuestos, el impacto a ser evaluado es el cambio en la calidad del agua producto de la alteración por introducción efluentes.

5.1.4.3 Descripción del Impacto

Nombre del Impacto		Código del Impacto
Cambio en la calidad de las aguas producto de la alteración por introducción de efluentes.		FQ 01
Tipo de Impacto: Primario		Indicador: Índice de calidad de aguas (ICA).
Impactos asociados: Contaminación y ecotoxicidad en la biota Contaminación y muerte de especies acuáticas		
Componente y media a afectar: Físico-Químico.		
Actividades capaces de generar el Impacto		
Etapa	Actividad	
Operación y Mantenimiento	Uso de Químicos	
	Disposición de desechos.	
	Disposición de lodos y efluentes.	
Descripción del Impacto: La calidad de las aguas del río Salitre se ve afectada por los efluentes domésticos que son vertidos en el mismo, produciendo malos olores, posibles problemas a la biodiversidad, riesgos a la salud, y perdida de la estética del río, esto por ende causa molestias a la comunidad aledaña generando inconformidad y alterando los niveles de la calidad de vida. El indicador seleccionado es el índice de calidad de agua (ICA), puesto que este indicador proporciona un valor global de la calidad del agua e incorpora los valores individuales de una serie de parámetros.		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.5 Planilla con la descripción del impactos ambiental seleccionado.

El indicador seleccionado es el Índice de Calidad del Agua (ICA), puesto que este indicador proporciona un valor global de la calidad del agua, e incorpora los valores individuales de una serie de parámetros. A continuación en la Tabla 5.5 se presentan los parámetros que serán usados en los cálculos, estos son tomados de los datos que proporciona la planta de tratamiento de aguas residuales. El Salitre, los cuales corresponden al agua cruda que ingresa a dicha planta, los valores con los que sale el agua al pasar por el tratamiento primario y a partir de allí se asumen valores para dar un mejor contraste al ejemplo. Los valores porcentuales y sus ponderaciones se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.5 Calidad del agua cruda.

DBO5	255 mg/l	89mg/l	50 mg/l	10 mg/l
SST	219 mg/l	151mg/l	70 mg/l	30 mg/l
Coliformes	7.000 n°/100 ml	3000 n°/100 ml	250 n°/100 ml	10 n°/100 ml
Aspecto	Muy malo	Aceptable	Agradable	Bueno

Fuente: Planta de tratamiento El Salitre.

Tabla 5.6. Valores porcentuales y pesos asignados para los parámetros que conforman el ICA.

	Ci	Pi	Ci	Pi	Ci	Pi	Ci	Pi
DBO5	0	3	0	3	0	3	20	3
SST	90	2	90	2	100	2	100	2
Coliformes	20	3	50	3	90	3	100	3
Aspecto	10	1	60	1	70	1	80	1

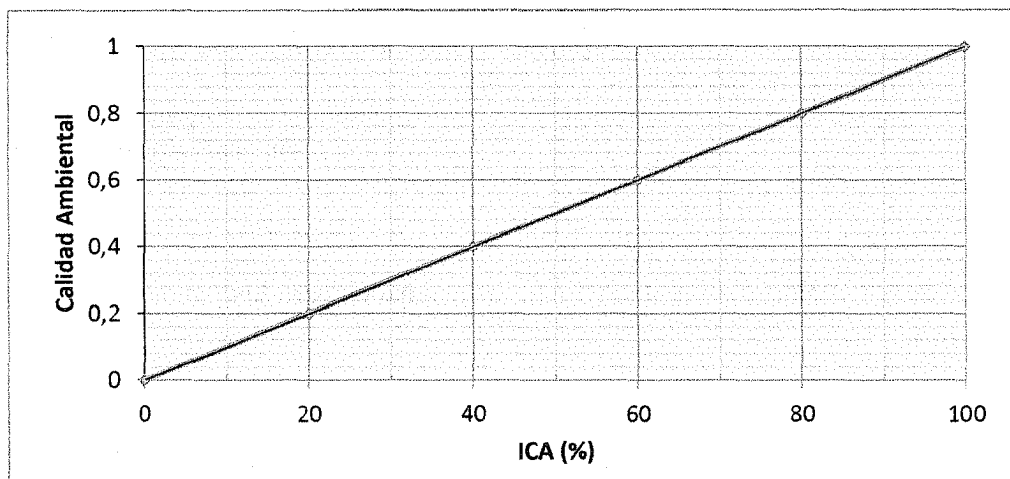
Fuente: Conesa y Vitora (2010).

Calculando el ICA para los escenarios descritos anteriormente en el Apartado 5.1.1 se obtienen los resultados de la Tabla 5.7 En la Figura 5.6 se muestra la función de transformación y en la Figura 5.7. se presenta la curva de magnitud obtenida con el cálculo de los diferentes ICA.

Tabla 5.7 Cálculo del ICA.

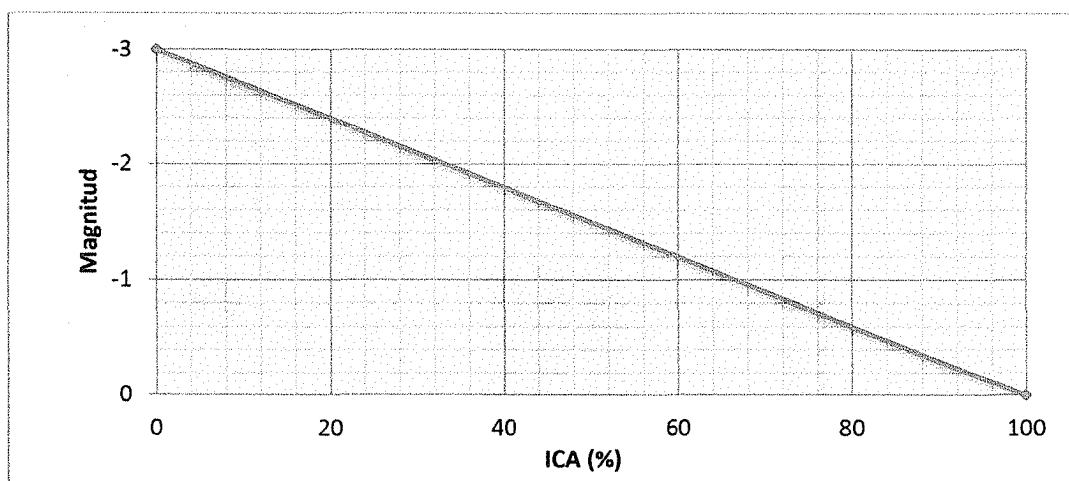
Agua Cruda	0,25	6,9
Calidad A	0,25	10,8
Calidad B	0,5	30
Calidad C	0,75	53,3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Conesa y Vitora (2010).

Figura 5.6. Función de transformación.



Fuente: Elaboración propia.

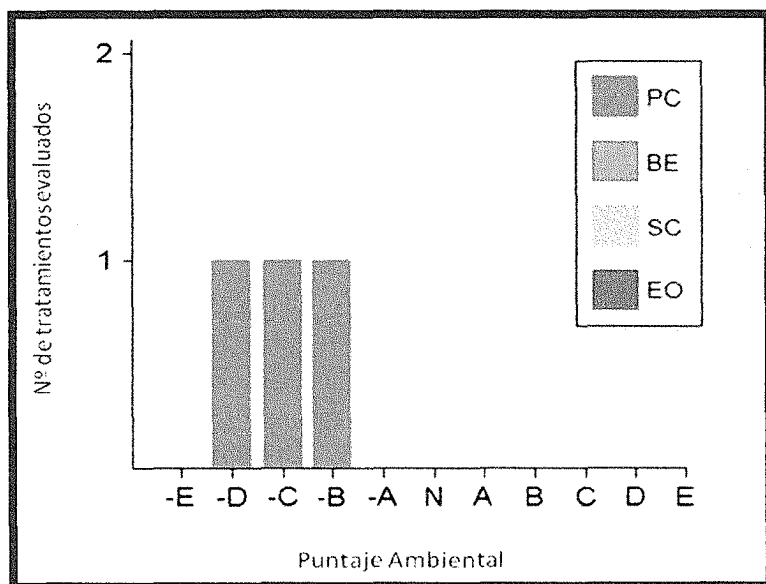
Figura 5.7. Curva de Magnitud.

En la Tabla 5.8 se presenta el resultado de los impactos según evaluación usando la metodología RIAM, y en la Figura 5.8 se muestra el puntaje ambiental de los tratamientos.

Tabla 5.8 Evaluación ambiental de los distintos tratamientos, usando la metodología RIAM.

PC1	Tratamiento primario	-42	-D	2	-3	2	2	3
PC2	Tratamiento primario y secundario.	-28	-C	2	-2	2	2	3
PC3	Tratamiento primario, secundario y desinfección	-14	-B	2	-1	2	2	3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.8. Histograma resumen del puntaje ambiental, por tratamientos evaluados

Utilizando como criterio para la sostenibilidad, la puntuación ambiental obtenida de la metodología RIAM, se tiene que desde el punto de vista ambiental la mejor alternativa de proyecto es el tratamiento primario, secundario y desinfección, ya que es la que genera un menor impacto ambiental.

5.2 Análisis Financiero-Económico.

Para la realización de estos análisis (financiero y económico), en el caso de estudio fue necesario la utilización de datos referentes a costos tanto por inversión como de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento con las características que se plantean en el trabajo realizado por Bermúdez (1999). Por esta razón, se tomaron estos valores del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato “Dren Merino” y los datos poblacionales de las localidades que se ven beneficiadas por el proyecto. Cada uno de

los cálculos fue realizado con Microsoft Excel, el procedimiento de cada uno de los cálculos se presenta en el Apéndice 5.2.

Con la metodología explicada en el apartado 4.2 del Capítulo 4 se procede a realizar el análisis financiero, contemplando para ello: montos de inversión, costos de operación y mantenimiento, vida útil de la planta de tratamiento y una tasa de descuento, tal como se muestra en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Aspectos a considerar en el análisis financiero.

Inversión	1274449 \$	2000000 \$	2005000 \$
Costos de operación y mantenimiento	12374 \$ mensuales	14500 \$ mensuales	14542 \$ mensuales
Vida útil	15 años	15 años	15 años
Tasa de descuento	12%	12%	12%

Fuente: República de Colombia (2000).

Los datos utilizados fueron tomados del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato” Dren Merino”. La cual es una planta de tratamiento por lodos activados que presenta los costos de inversión y operación y mantenimiento reales a partir de los cuales se realizaron los cálculos respectivos en el análisis. En función de estos datos se obtienen los resultados de la Tabla 5.10, con los cálculos del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE).

Tabla 5.10. Cálculo el valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis financiero.

Inversión (\$)	1	1.274.449	2.000.000	2.005.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488	174.000	174.500
	3	148.488	174.000	174.500
	4	148.488	174.000	174.500
	5	148.488	174.000	174.500
	6	148.488	174.000	174.500
	7	148.488	174.000	174.500
	8	148.488	174.000	174.500
	9	148.488	174.000	174.500
	10	148.488	174.000	174.500
	11	148.488	174.000	174.500
	12	148.488	174.000	174.500
	13	148.488	174.000	174.500
	14	148.488	174.000	174.500
	15	148.488	174.000	174.500
	16	148.488	174.000	174.500
VPC		\$ 2.040.875	\$ 2.843.831	\$ 2.851.336
CAE		\$ 292.641	\$ 407.777	\$ 408.853

Fuente: Elaboración propia

El criterio a ser usado para el análisis de sostenibilidad desde el punto de vista financiero será el CAE. En este caso la mejor alternativa de proyecto es la que implica solo un tratamiento primario, puesto que posee un menor CAE.

Para el análisis económico se empleó la relación precio cuenta de Colombia, en la Tabla 5.11 se presentan los cálculos de VPC y CAE utilizando para la inversión una relación de 0,80 el cual corresponde a costos de construcción y para la operación y mantenimiento se empleará una de 0,60 que corresponde a mano de obra no calificada, esto bajo el supuesto que la operación y mantenimiento requieran mayoritariamente este tipo de mano de obra.

Tabla 5.11. Cálculo del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis económico

		Cálculo del valor presente de los costos (VPC)		
		Costo anual (\$)	Factor de descuento	Valor presente (\$)
Inversión (\$)	1	1.019.559	1.600.000	1.604.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	89.093	104.400	104.700
	3	89.093	104.400	104.700
	4	89.093	104.400	104.700
	5	89.093	104.400	104.700
	6	89.093	104.400	104.700
	7	89.093	104.400	104.700
	8	89.093	104.400	104.700
	9	89.093	104.400	104.700
	10	89.093	104.400	104.700
	11	89.093	104.400	104.700
	12	89.093	104.400	104.700
	13	89.093	104.400	104.700
	14	89.093	104.400	104.700
	15	89.093	104.400	104.700
	16	89.093	104.400	104.700
VPC		\$ 1.452.107	\$ 2.063.441	\$ 2.068.837
CAE		\$ 208.218	\$ 295.877	\$ 296.651

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta los datos obtenidos de la valoración contingente de la Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre" realizada por Bermúdez (1999):

1. En promedio (con una probabilidad de ocurrencia de un 50%) la disponibilidad a pagar (DAP) de las personas por la mejora en calidad A, es de \$ 1,93.
2. La disponibilidad a pagar media (con una probabilidad de ocurrencia del 50%) de las personas por la mejora en calidad B, es de \$ 4,22.
3. La disponibilidad a pagar (con una probabilidad de ocurrencia de un 50%) de las personas por la mejora en calidad C, es de \$ 5,04.

En la Tabla 5.12, se presentan los valores del beneficio ambiental de cada una de las propuestas, mientras que la Tabla 5.13 muestra la comparación del costo anual equivalente del análisis económico con el beneficio ambiental.

Tabla 5.12. Calculo de Beneficio ambiental.

Calidad	Factor de ponderación	Beneficio ambiental	Costo anual equivalente	Costo anual	Beneficio ambiental
Calidad A	1,93	893.944	327.933	244.375	5.659.725
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.13. Comparación de costo anual equivalente (CAE) con el beneficio ambiental.

Calidad	CAE	Beneficio ambiental
Calidad A	208.218	5.659.725
Calidad B	295.877	12.375.150
Calidad C	296.651	14.779.800

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista económico la mejor opción es la que ofrece el tratamiento primario secundario y desinfección puesto que genera beneficios ambientales más elevados.

5.3 Análisis social.

A continuación se presenta la aplicación de los pasos del análisis social:

Datos poblacionales:

- Engativá: su población es de aproximadamente 893.944 hab. (para el año 2005).
 - Fontibón: su población es de aproximadamente 327.933 hab. (para el año 2005).
1. A objeto de ejecutar los cálculos de distribución de equidad, para este análisis se tomaron tres tipos de ingresos familiares:
 2.
 - Un salario bajo correspondiente al salario mínimo en Colombia de 616.000 pesos (312,47 \$).
 - Un salario medio correspondiente al salario promedio en Colombia de 4.500.000 pesos (2285,33 \$).
 - Un salario alto que corresponde a personas con altos niveles de educación de 10.000.000 pesos (5.078,51 \$).
 3. En la Tabla 5.14 se presentan los valores calculados para la distribución de equidad, obteniéndose que los porcentajes aumentan en función de los ingresos familiares más altos por tanto se trata de una equidad regresiva

Tabla 5.14. Distribución de la equidad.

A	\$ 5.451.507	0,005 %	0,04%	0,09%
B	\$ 12.079.273	0,002%	0,02%	0,04%
C	\$14.483.149	0,002%	0,02%	0,04%

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis de sostenibilidad.

Para la realización de este análisis se contó tanto con el criterio de varios profesionales, vinculados a la enseñanza de las áreas ambientales y desarrollo de proyectos, como con personas ajenas al área de conocimiento, esto con la finalidad de determinar si los análisis pueden ser mostrados de forma tal que sean comprendidos por cualquier persona. Las opiniones de expertos y no expertos, fueron procesadas a través de la herramienta *Expert Choice* (decisión de experto). La Figura 5.9 muestra los resultados obtenidos en la ponderación global de los distintos análisis y el resumen de la ponderación de cada criterio (considerados en esta investigación) una vez de aplicado el instrumento a expertos y no expertos. La ponderación particular de los análisis, se presenta en el Apéndice 5.3.

El resultado obtenido, combinando los datos de todos los participantes (de la Figura 5.9 y el Apéndice 5.3), se presenta en la Figura 5.10. Asimismo, en la Figura 5.11 se presenta un resumen de los pesos obtenidos para las distintas alternativas de proyecto y para los análisis.

Según los resultados obtenidos en el análisis de sostenibilidad, la alternativa de proyecto más adecuada, elegida tanto individualmente como por el criterio en conjunto, es la tercera, la cual implica implementar una planta con tratamiento primario, secundario y desinfección.

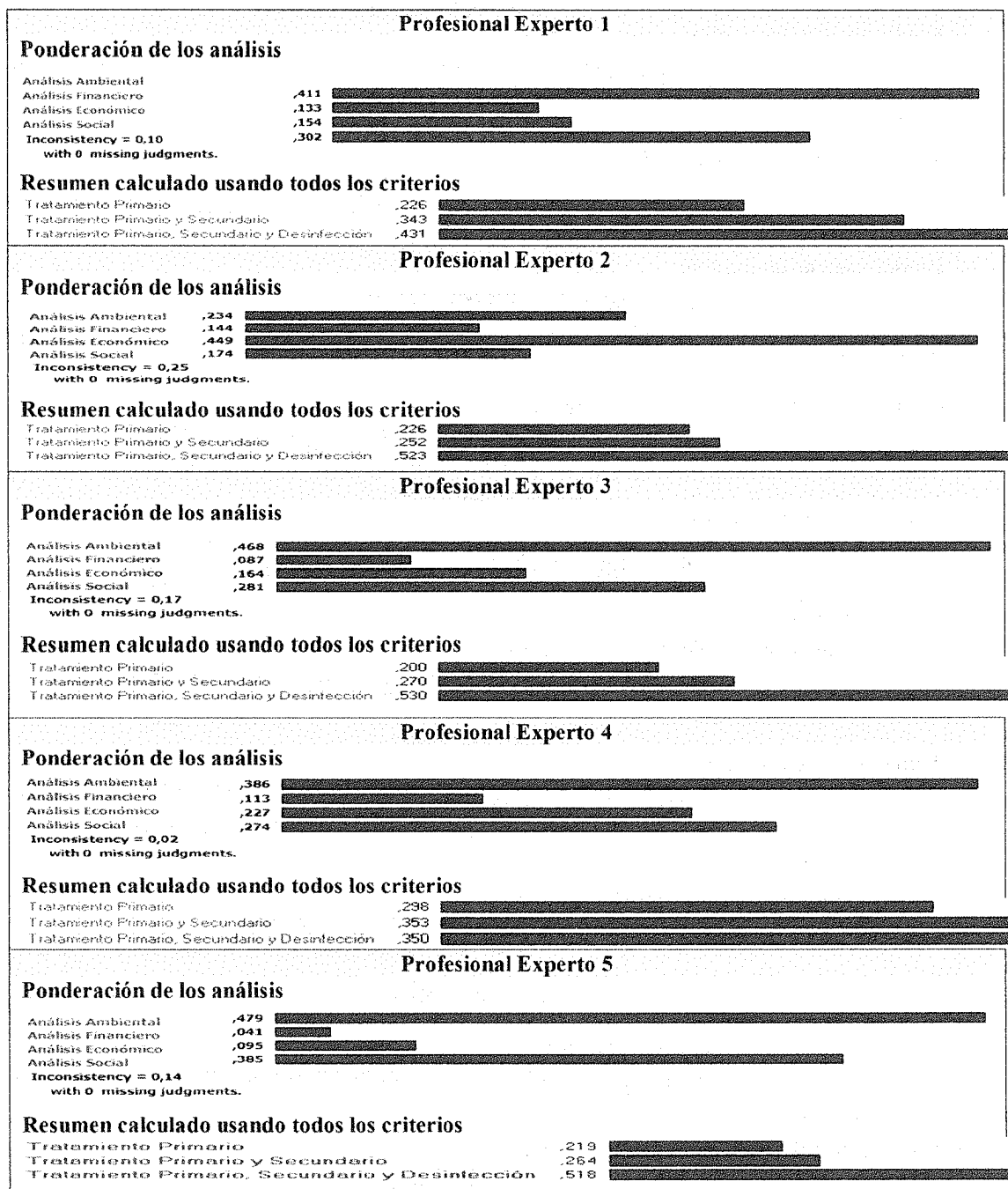


Figura 5.9. Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

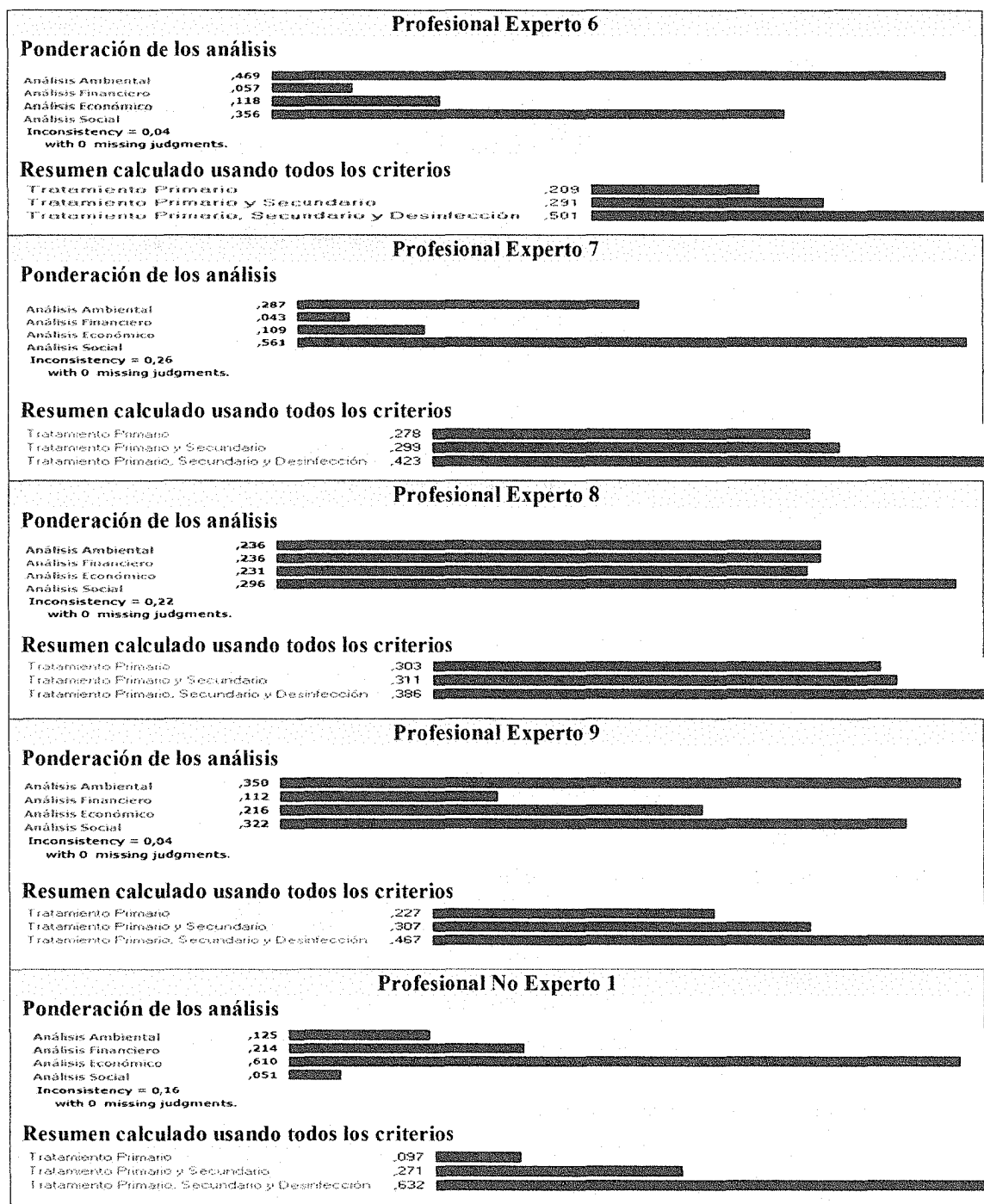


Figura 5.9. (Continuación). Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia

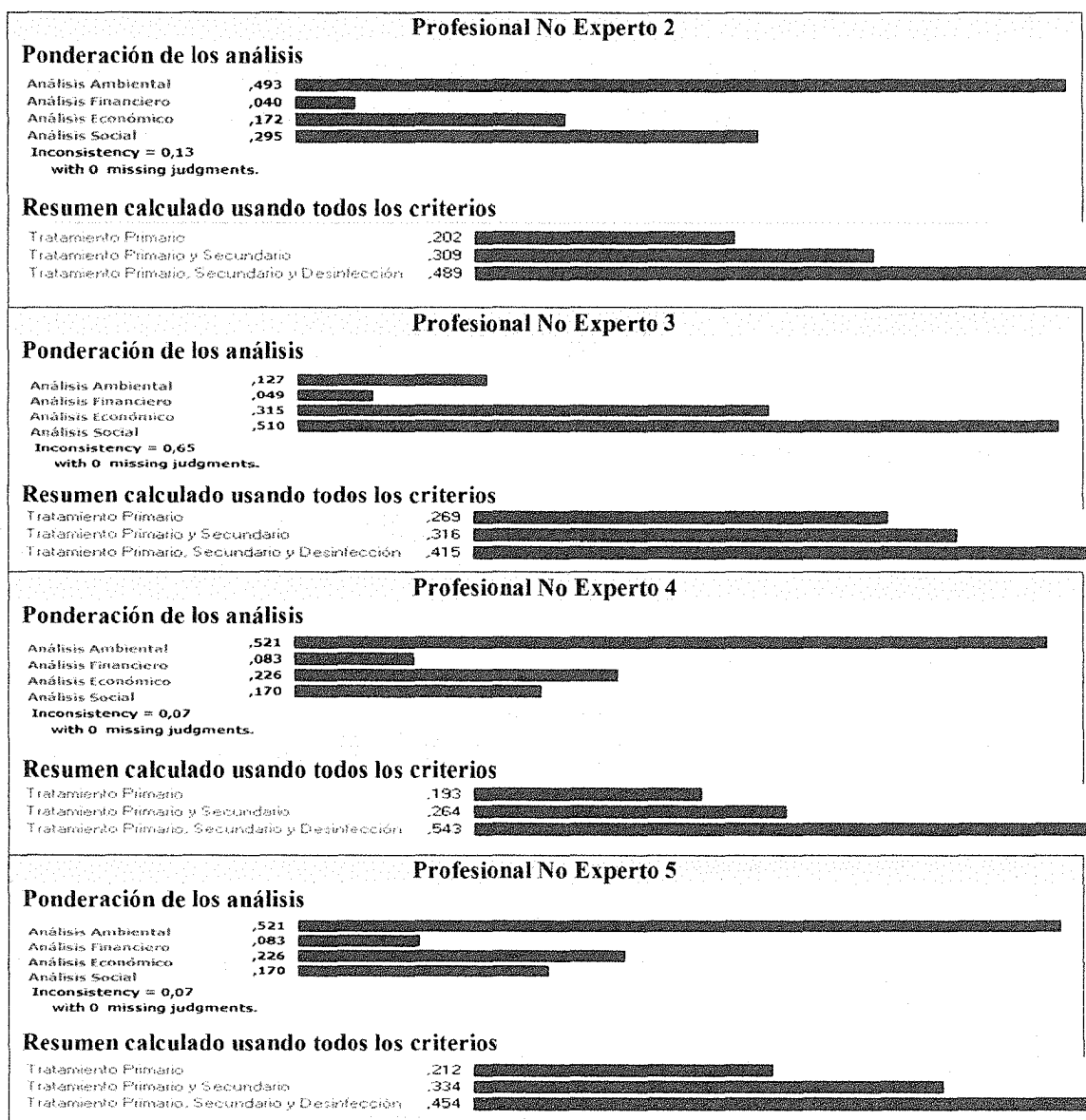


Figura 5.9. (Continuación). Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

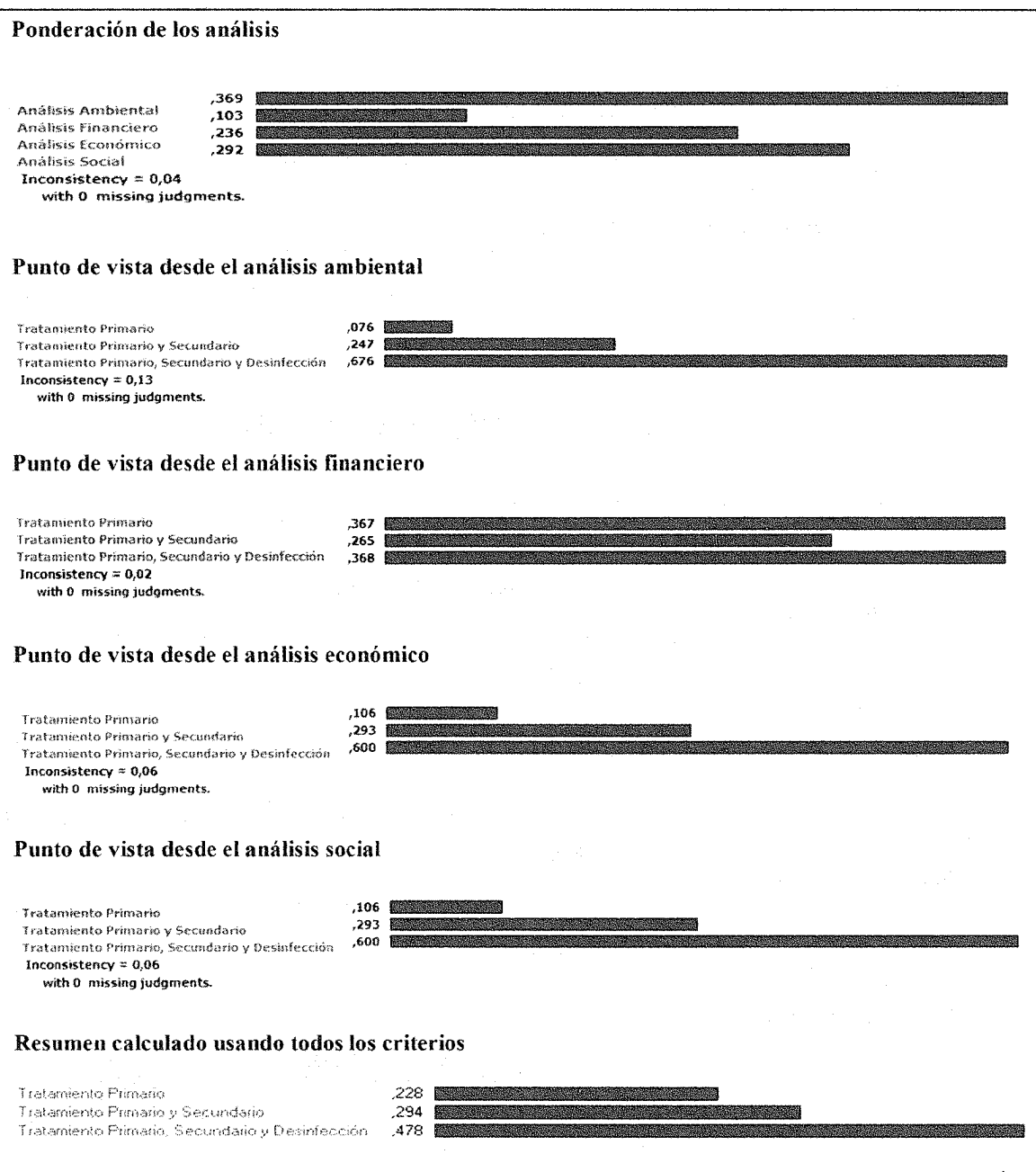
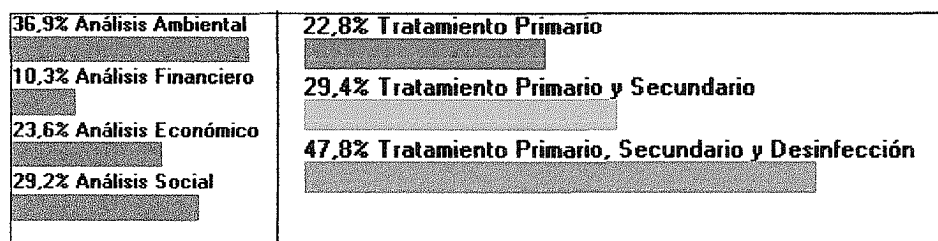


Figura 5.10. Ponderación obtenida para los análisis considerados para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.11. Pesos obtenidos para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A través de la investigación documental elaborada como marco de este trabajo, se logró generar una metodología para el análisis de sostenibilidad de los proyectos de calidad ambiental, como es el caso particular de los proyectos destinados al tratamiento de efluentes municipales; utilizando para esto cuatro criterios: el ambiental, el financiero-económico y el social. A continuación se presentan los resultados más relevantes del presente estudio:

- El principal problema que existe en los proyectos de tratamiento de aguas residuales es que son evaluados y analizados exclusivamente por criterios técnicos y criterios financieros/económicos no tomándose en cuenta las demás variables que constituyen el desarrollo sustentable.
- La gran mayoría de los estudios que introducen la variable de sostenibilidad en los proyectos de calidad ambiental se enfocan en la evaluación de impactos ambientales dejando por fuera los estudios de equidad.
- Muchas evaluaciones son manejadas desde el punto de vista cualitativo, cuando realmente esa valoración debe llevar también un estudio cuantitativo que permita medir y definir con exactitud las variables, dando por ende un acercamiento mayor al problema y resolverlo de mejor forma.
- Se logró realizar una metodología que conlleva una serie de pasos para análisis ambiental, financiero, económico y social que integran el desarrollo sustentable en los proyectos de tratamiento de efluentes domésticos con el fin de contribuir a la selección de los mismos.
- Para la realización del análisis ambiental es necesario contar con datos precisos y actuales, de esta manera se podrá seleccionar los indicadores más adecuados a considerar en la evaluación cuantitativa del impacto ambiental.

- La selección de los impactos ambientales a ser evaluados debe ser meticulosa, con el fin de que no queden faltando aspectos importantes en las partes posteriores de la evaluación.
- La metodología RIAM es una herramienta sumamente valiosa en la evaluación de impactos ambientales, ya que categoriza y pondera los impactos dejando su significancia positiva o negativa sobre el ambiente.
- El criterio a ser evaluado desde el punto de vista ambiental para el análisis de sostenibilidad será la puntuación ambiental que genera la metodología RIAM, ya que ésta establece cuál impacto es más perjudicial al ambiente.
- Según los profesionales entrevistados para esta investigación, el análisis ambiental resulta de mayor significancia al momento de evaluar la sostenibilidad de los proyectos, puesto que es el medio receptor (ríos, lagos o lagunas); el que sufre un cambio al recibir las descargas de los efluentes municipales lo que afecta sus condiciones ecológicas, pudiendo así desencadenar problemas aguas abajo.
- El análisis financiero, determina con certeza los costos que generaría el proyecto, por lo tanto, este análisis permite al proyectista tomar la decisión de si está en la capacidad o no de realizar la inversión requerida, el criterio que debe usarse desde este punto de vista es el costo anual equivalente.
- El análisis económico incluye el estudio tanto de los costos como de los beneficios ambientales que conlleva el proyecto, es decir, toma en cuenta el bienestar que obtendrá la sociedad dada la realización del proyecto. Esto ofrece una perspectiva más amplia a la hora de tomar una decisión de inversión, el criterio a usarse para la sostenibilidad es la comparación entre los costos y los beneficios.
- Para el cálculo de los beneficios ambientales que genera un proyecto de calidad ambiental, se recomienda el uso de la valoración contingente, ya que esta metodología acerca a la sociedad, y permite que la misma entienda lo que se quiere obtener con el proyecto, dejándole a ellos la libertad de decidir cuánto estarían dispuestos a pagar por dichos beneficios.

- El análisis social distingue los sectores de la población que se verán beneficiados por la implantación del proyecto, por tanto, el proyectista debe seleccionar las opciones que sean más equitativas asegurando así un mayor bienestar para toda la comunidad.
- Todos los proyectos deben estar bien descritos y fundamentados bajo un criterio técnico suficientemente explícito y capaz de ser entendido por todas las personas, independientemente de su área de conocimiento, esto con la finalidad de que cualquiera pueda opinar y elegir alternativas acordes con su realidad.
- El análisis de sostenibilidad, se fundamenta en la comparación por pares de los diferentes análisis, esto permite que diferentes personas bien sean profesionales en el área o población beneficiada, den su criterio y escojan cual alternativa de proyecto es la más sostenible, dejando claro al proyectista la mejor alternativa.
- En el caso de estudio utilizado, se ejemplificaron cada uno de los pasos para llegar a deducir cuál alternativa es más sostenible, determinándose: que desde el punto de vista ambiental y económico, la mejor opción es la que conlleva la implementación de la planta con tratamiento primario, secundario y desinfección; ya que es la que genera menor impacto ambiental negativo y un mayor beneficio. Por su parte, desde el punto de vista económico la mejor alternativa es la planta que conlleva a un tratamiento primario puesto que es la que requiere una menor inversión, y finalmente desde el punto de vista social son iguales las tres opciones puesto que su equidad es la misma para las tres.
- Así mismo el análisis en conjunto, es decir, el que involucra a todos los criterios; arrojó que la opción más sostenible es la implementación de la planta con tratamiento primario, secundario y desinfección, esto bajo el criterio de todas las personas que hicieron la entrevista.

5.2 Recomendaciones.

- El alcance de esta investigación va dirigido a proyectos que se encuentran en etapa de perfil, se recomienda ahondar más en estos estudios para alcanzar la evaluación de sostenibilidad en todas las etapas del proyecto.
- Para un mejor análisis ambiental aparte de evaluar las aguas que entran y salen de la planta de tratamiento hacia el cuerpo receptor, se recomienda evaluar también el agua del receptor antes y después de recibir la descarga de la planta, de esta manera se verifica el impacto real sobre el mismo, y las posibles consecuencias que generarían aguas abajo de su curso.
- Cada análisis puede ser un trabajo de investigación particular, por esta razón se recomienda la realización de una investigación más a fondo para cada uno de ellos.
- El análisis financiero y económico requieren ser adaptados a la realidad de cada país, por tanto es importante ahondar en estos estudios sobre todo en nuestro país Venezuela, donde no existe una relación precio-cuenta.
- La sociedad en general debe ser invitada a participar en los proyectos para que conozcan los beneficios de los mismos y así puedan seleccionar a través de diversas herramientas (como la metodología propuesta) la mejor alternativa para su comunidad.
- La sostenibilidad es un concepto que hoy en día debe ser aplicado a todos los tipos de proyectos, por este motivo, sería recomendable generar metodologías para su evaluación en las diferentes áreas de aplicación en las que se proponen los mismos.
- Se sugiere la elaboración de un software libre para comparación y toma de decisiones que podría ser usado en distintos tipos de proyectos.

- Existe un triángulo que está desarrollando el banco mundial, el cual integra aparte del desarrollo sustentable una serie de criterios relativos a Gobernabilidad y Cooperatividad los cuales se recomiendan ser analizados en futuros trabajos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2008). *La encuesta*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.slideshare.net/Mgam/la-encuesta>
- Agua de los Andes S.A. (2013). *Sistemas de tratamiento*. [Documento en línea]. Consultado el día 05 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
http://www.adlandes.com.ar/?page_id=17
- Aldunate, E. (2009). *Evaluación social de proyectos*. Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ª Edición. Editorial Episteme. Caracas. Venezuela.
- Asian Development Bank. (1999). *Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.partnershipsforwater.net/psp/tc/TC_Tools/007T_EconAnalysis%20Projects.pdf
- Astier, M., Masera O., y Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico multidimensional*. Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. Editorial. IMAG impressions. Valencia. España.
- Banco Mundial. (1983). Technical Paper 7: Arthur, J.P. *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. Washington D.C
- Banco Mundial. Water-borne Sanitation (1985). *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation*, Washington D.C.
- Bayona, M. (2009). *Conociendo la localidad de Engativá: Diagnostico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*. Alcaldía mayor de Bogotá. Bogotá Colombia.
- Bermúdez, M. (1999). *Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

- Capital Sustentable. (2011). *Guía para el desarrollo local sustentable*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.iclei.org.mx/web/uploads/assets//GDSL/guia_desarrollo_sustentable_local.pdf
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2006). *Proyecto Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino"*. Cortazar. México.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD). (1987). *Nuestro Futuro Común*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Conesa, V., Vítora, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Chávez, N (1994). *Introducción a la investigación educativa*. Talleres de artes gráficas S.A. Maracaibo. Venezuela
- Departamento de Desarrollo Social Banco Mundial. (2002). *Guía para el análisis social para la incorporación de las dimensiones sociales en proyectos apoyados por el banco*. [Documento en línea]. Consultado el día 07 de julio de 2013 de la World Wide Web:
<http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEV/Resources/3177394-1168615404141/SocialAnalysisSourcebookAugust7.pdf?resourceurlname=SocialAnalysisSourcebookAugust7.pdf>
- Duran, D. (2010). *La gestión sustentable de proyectos ambientales*. [Documento en línea]. Consultado el día 07 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/la_gestion_sustentable_de_proyectos_ambientales
- Espinosa, C. (2013). *Notas del curso "tratamiento de aguas residuales"*. Especialización GARTA. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Federal register. (1993). *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*. Washington, D.C. U.S. Govt.
- Félez, M. (2009). *Situación actual del estado de la depuración biológica*. Explicación de los métodos y sus fundamentos. [Documento en línea]. Consultado el día 31 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf

- Ghigliazza, C. y Lupo, J. (2013). *Expert choice guía de uso para el alumno*. [Documento en línea]. Consultado el día 10 de febrero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.websyllabus.org/files/6563-Expert Choice - Guia basica UBA.pdf>
- Guía ambiental. *Lagunas de Estabilización*. [Documento en línea]. Consultado el día 01 de Agosto de 2013 de la World Wide Web:
<http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-lagunas-estabilizacion.html>
- Gobierno del estado de Tabasco. (2007). *Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales llave en mano 1ra. etapa (zona sureste.) cd. de Villahermosa*. Tabasco. México.
- Gómez, D. (1999). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Editorial grupo Mundi-Prensa. Madrid. España
- Helmer, R. (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*. Edmundsbury Press. Londres, Inglaterra.
- Hernández, R. Fernández, C. Baptista, L. (2002) *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw-Hill. Interamericana. DF. México.
- Metcalf & Eddy. Tchobanoglous G. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Editorial Mc Graw-Hill. New York. USA.
- Manrique, R., Acosta, L., Herber, A., Jiménez, H., Torralba, R. (2001). *Proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en américa latina: realidad y potencial*. San Agustín, Perú.
- Márquez, K. (2012). *Formulación de indicadores ambientales y funciones de transformación de las variables ambientales: suelos y tierras, consideradas en la ejecución de un estudio de impacto ambiental y sociocultural*. Universidad de los Andes, CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- Márquez, K. y Pérez, J. (2013). *Guía práctica para la evaluación de impacto ambiental*, en Venezuela. Mérida. Venezuela.
- Miliarium. *Ingeniería civil y medio ambiente*.(2013). [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.miliarium.com/>
- Navarro, J. (2010). *Agenda río Bogotá*. [Documento en línea]. Consultado el día 26 de Marzo de 2014 de la World Wide Web:
<http://agendariobogota.blogspot.com/2010/03/costos-ptar-salitre.html>

- Osorio, L. (2009). *Agenda Ambiental de la localidad 10 Engativá*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Osorio, L. (2009). *Agenda Ambiental de la localidad 09 Fontibón*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Pastakia, C., Jensen, A. (1998). *The rapid impact assessment matrix (RIAM) for environmental impact assessment, environmental impact assessment review*. Dinamarca.
- Pardo, M. (2002). *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI*. Editorial Fundamentos. España.
- Parker, C. (1962) *Hydrobiological Aspects of Lagoon Treatment*, *Journal Water Pollution Central Federation*, J.W.P.C.F.
- Pérez, J. (2013). “Notas del curso “Evaluación de proyectos”. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Pérez, J., Cabeza M., Márquez, K. (2013). *Notas del curso “Impactos Ambientales”*. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Riera, P. (1994). *Manual de valoración contingente*. Instituto de estudios fiscales.
- Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Bogotá. Escuela Nacional de Ingeniería.
- Roche, H. (2005). *Análisis multicriterio en la toma de decisiones*. [Documento en línea]. Consultado el día 26 de Marzo de 2014 de la World Wide Web: <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- República de Colombia (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000*. Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de <http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloE.PDF>
- República de Venezuela (1995). Decreto No. 883. *Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1.995.
- República de Venezuela. (1996). *Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente*. Gaceta Oficial N° 35.946. del 26 de abril de 1996.

- Severo, J. (2002). *Guía para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales*. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. Colombia.
- Suematsu, G. (1995). *Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales*. Organización panamericana de la salud. Lima. Perú.
- SERVICELL. (2013). *Proyecto planta de tratamiento de aguas residuales industriales SERVICELL*. Montecristi-Manabí. Ecuador.
- Toledo, J., Toledo, F. (2010). *Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo (B/C) para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (ptar): caso Ptar del Cusco*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
- Tchobanoglous, G. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education. USA.
- Universidad tecnológica nacional. (2009). *Estudio de impacto ambiental Planta de Tratamiento San Felipe*. San Felipe Tucumán, Argentina.
- Universidad nacional autónoma de México. (2013). *Esquema de un reactor anaerobio tipo IMHOFF*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.unam.mx/>
- Universidad de Córdoba. (2009). *Diseño de encuestas*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_21_sesion_6.pdf
- Yáñez, F. (1977). *Lagunas de Estabilización*. Centro Panamericano de Ingeniería. Lima, Perú.

APÉNDICES

***APÉNDICE 2.1. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA
PROPUESTA POR EL PROFESOR CARLOS ESPINOZA. (CIDIAT-2013)***

La secuencia en la escogencia de la selección de una tecnología presentada es una metodología propuesta Espinosa (2013) la cual está claramente explicada y engloba todos los aspectos necesarios de manera explícita y de fácil comprensión. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales envuelven dos grandes niveles de decisión, a saber:

Un primer nivel está relacionado con las restricciones impuestas por la caracterización y cuantificación del líquido residual y el cuerpo receptor.

El segundo nivel en la toma de decisiones involucra la selección y diseño de las unidades en la secuencia que pueden ser implementadas.

Desagregando el primer nivel se pueden considerar tres (3) aspectos:

- Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad.
- Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado.
- Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto.

Estos tres aspectos tienen repercusión sobre todas las demás consideraciones involucradas en el proceso de selección de tecnología. De manera idéntica, se puede considerar como relevante en lo relativo al segundo nivel, lo siguiente:

- Tamaño de la comunidad y densidad de población.
- Localización geográfica.
- Aspectos climáticos.
- Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento..
- Costo de la energía.
- Otros parámetros y variables similares.

A continuación en la Tabla 1 se presentan los factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales.

FACTORES	VARIABLES
Demográficos y socioculturales	Tamaño población, nivel educativo, cobertura y cantidad agua potable, existencia y tipo de alcantarillado
Características agua residual	Origen , composición y caudal
Climáticos	Temperatura, precipitación y vientos
Características del terreno	Topografía, permeabilidad y nivel freático
Capacidad y disponibilidad a pagar	Capacidad de pago, tarifa y disponibilidad a pagar
Costos	Costos de: inversión, operación y mantenimiento, terreno, recuperación de recursos
Objetivos del tratamiento	Cumplir normas de efluentes y reúso
Disponibilidad de recursos	Energía, mano de obra, equipos y materiales
Aspectos tecnológicos	Impacto ambiental, disponibilidad terreno, generación subproductos, facilidad de operar y mantener.

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

En la Tabla 2 se presenta una matriz que establece criterios de escogencia de tecnologías de tratamiento de agua, basada en los factores más resaltantes como son cantidad de habitantes, espacio, capacidad de remoción, costos, entre otros, permitiendo verificar y adaptarse a las necesidades específicas de la zona que requiere la tecnología.

Tabla 2 Matriz multicriterio para la selección de tecnologías.

Tipo de tecnología	Población (iv. de habitantes)	Tipo de población	Edad media (años)	Calidad del agua	Costo de inversión (USD/m ³)	Area cubierta (m ² /hab)	Equipos necesarios	Requisitos de capacitación (horas/hab-año)	Complejidad de operación
Lagunas de estabilización	Desde 250	nucleada	75-85	60-99,9	10-15	1-2,80	Ninguno	Ninguno	Sencilla
Reactores anaerobios de flujo ascendente	Hasta 100000	nucleada	75-85	10 ¹	35-40	0,15-0,20	Recolector y purificador de gas	Ninguno	Requiere personal especializado
Filtros percoladores	Hasta 100000	nucleada	80-90	60-90	60-70	0,20-0,30	Brazo giratorio, bombas de recirculación, escarificador y prensado de lodos	7-11	Requiere Personal especializado
Lodos activados	Se recomienda para grandes poblaciones	nucleada	75-85	60-99,9	70-100	0,20-0,25	Aireadores bombas de recirculación, escarificadores, centrifugado y Prensado de lodos, equipos para recolectar gas.	12-15	Requiere personal especializado

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

Una vez estudiada la matriz multicriterio se pasa a construir la matriz de selección en base al siguiente procedimiento:

1. Identificación de las tecnologías promisorias a comparar (columnas).
2. Elaboración de una lista de criterios sobre los que se desea seleccionar o priorizar (filas).
3. Ponderación de los criterios de selección, mediante la asignación de un valor a cada criterio, el cual toma en cuenta su importancia relativa para el caso particular que se está tratando. Se proponen los siguientes valores para la ponderación:

- Importancia baja = 1

- Importancia media = 2
- Importancia alta = 3

4. Se procede a construir la matriz con la siguiente configuración (Tabla 3):

Tabla 3 Matriz de Evaluación de Alternativas Tecnológicas

Criterio de Selección	Ponderación	Alternativas Tecnológicas									
		I		II		III		IV		V	
		P	V	P	V	P	V	P	V	P	V
A											
B											
C											
D											
TOTAL (Σ)											
ORDEN DE PRIORIDAD											

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

5. Definición del factor de valoración para cada opción tecnológica, utilizando para ello una escala la cual debe ser lo más sencilla posible, por ejemplo de 1 a 5, 1 a 10, etc. En este caso se propone el siguiente criterio de puntuación para los factores de valoración:

- Generación, riesgo o afectación inexistente = 1
- Generación, riesgo o afectación baja = 2
- Generación, riesgo o afectación media = 3
- Generación, riesgo o afectación alta = 4
- Generación, riesgo o afectación muy alta = 5

6. Valoración de los factores y obtención del orden de prioridad. El procedimiento contempla:

- Ponderar para cada criterio de selección (P) y valorar las diferentes opciones tecnológicas (V).

- Anotar en la columna (VxP) el resultado de multiplicar el valor de la columna V por el valor de ponderación (P) del criterio.
- En la columna TOTAL escribir el valor que se obtiene de sumar (VxP) para cada opción tecnológica.
- El orden de prioridad queda establecido en función de la puntuación que alcanza cada factor. En este caso menor valor indica mayor aptitud ó condición más favorable.

Este procedimiento comparativo no es más que una herramienta para la toma de decisión en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un problema de escogencia de tecnología, y será tomado como un primer filtro, antes de realizar los análisis que se contemplan en el desarrollo del trabajo de investigación.

***APÉNDICE 4.1. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES QUE PRESENTAN LAS
DIFERENTES TECNOLOGÍAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.***

Lagunas de estabilización

Matriz componentes vs actividades etapa de construcción para lagunas de estabilización.

Etapa de construcción								
Actividades								
Componentes	Contratación de mano de obra	Levantamiento Topográfico	Acondicionamiento de vías	Movilización de Equipos y Materiales	Excavación	Construcción del campamento provisional	Construcción de la obra	Desmantelamiento del campamento provisional
Campamento Provisional	x	x	x	x	x	x	x	x
Diques	x	x	x	x	x	---	x	---
Impermeabilización	x	---	x	x	x	---	x	---
Unidades de entrada y salida	x	---	x	x	x	---	x	---
Pantallas	x	---	x	x	x	---	x	---
Construcción carreteras y veredas	x	x	x	x	x	---	x	---
Construcción de cerco perimetral	x	x	x	x	x	---	x	---

Matriz componentes vs actividades etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Etapa de Operación y Mantenimiento							
Componentes	Actividades						
	Contratación de mano de obra	Limpieza	Estabilización de PH	Eliminación de algas en superficie	Podar taludes	Control de efluentes	Remoción de nata sobrenadante
Arranque	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de entrada	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de interconexión	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de salida	x	x	----	----	----	----	----
Control de PH	x	----	x	----	----	----	----
Superficie del agua	x	x	x	x	----	----	x
Taludes	x	x	----	----	x	----	----
Rejilla	x	x	----	----	----	----	----
Caudales	x	----	----	----	----	x	----

Matriz actividades vs acciones etapa de construcción para lagunas de estabilización.

Actividades	Acciones					
	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos	Deforestación y limpieza del terreno	Disposición material sobrante de excavación	Disposición de desechos
Contratación de mano de obra	X	x	----	----	----	----
Construcción campamento provisional	X	x	x	x	x	x
Levantamiento Topográfico	X	x	x	x	----	----
Acondicionamiento de vías	X	x	x	x	----	----
Movilización de equipos y materiales	X	x	x	x	----	----
Excavación	X	x	x	x	x	
Construcción de la obra	X	x	x	x	----	x
Desmantelamiento del campamento provisional	X	x	x	----	----	x

Matriz actividades vs acciones etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Actividades	Acciones			
	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Disposición de desechos	Contaminación
Contratación de mano de obra	X	---	---	---
Limpieza	X	x	x	x
Estabilización de PH	X	x		x
Eliminación de algas	X	x	x	
Eliminación de plagas	---	---	---	x
Podar taludes	X	x	x	---
Control de efluentes	X	x	x	x
Remoción de nata sobrenadante	X	x	x	---

Posibles impactos ambientales para la etapa de construcción para lagunas estabilización.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Pérdida del suelo como cuerpo natural	Pérdida de cobertura vegetal	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Contaminación del suelo por diversas sustancias	Cambios en los corredores ecológicos	Aceptación social del proyecto	Cambios en el uso actual de la tierra
Compactación de suelos, debido al paso continuo de maquinaria y de automóviles	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Alteración de la estética del paisaje	Deterioro de la red vial existente debido al incremento del tránsito
Alteración de la calidad del aire por la emisión de gases de vehículos y maquinarias	Incremento de roedores	Incomodidad producto del ruido de la construcción.	Aumento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales
Alteración de calidad del aire por malos olores	Incremento de insectos		
Alteración de calidad del aire por material particulado	Perdida de especies		
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por aumento de la carga de sedimentos en suspensión	Cambio en la conducta de las especies animales producto del ruido de la construcción		
Eliminación de cauces de curso natural.			
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por lavado, y transporte de lubricantes, combustibles y detergentes			

Posibles impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Alteración en la calidad del aire por malos olores.	Incremento de roedores	Aceptación social del proyecto	
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Incremento de insectos	Alteración de la estética del paisaje	
	Contaminación y muerte de especies acuáticas		

Planta de tratamiento por filtros percoladores

Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de construcción para filtros percoladores.

Componentes	Actividades	Acciones
Campamento provisional	Contratación de mano de obra	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Construcción módulo de pretratamiento	Levantamiento topográfico	Transporte de personal
Construcción Obras anexas	Acondicionamiento de vías	Transporte de equipos y maquinarias
Instalación cámara de recirculación	Movilización de equipos y materiales	Deforestación y limpieza del terreno
Instalación de aireación	Construcción del campamento provisional	Disposición de material sobrante de la limpieza y deforestación.
Instalación de filtro biológico de olores	Construcción obras civiles	Trabajo de construcción de las obras
Construcción área de almacenamiento de combustible	Desmantelamiento del campamento provisional	Disposición de desechos
Construcción carreteras y veredas	Instalación del sistema de tratamiento	
Construcción de cerco perimetral		

Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de operación y mantenimiento para filtros percoladores.

Componentes	Actividades	Acciones
Decantador primario	Mantenimiento y limpieza de tanques	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Filtro	Limpieza y revisión del filtro	Transporte de equipos y repuestos
Clarificador	Chequeo de PH	Transporte de personal
Sistema de recirculación	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Uso de químicos
Sistema de aireación	Ajuste de la tasa de aire	Disposición de desechos
Tanques	Control de efluentes	Disposición de efluentes

Posibles impactos en la etapa de construcción para filtros percoladores.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Perdida de suelo como cuerpo natural	Pérdida de cobertura vegetal	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Contaminación de los suelos por diversas sustancias	Cambios en los corredores ecológicos	Aceptación social del proyecto	Cambios en el uso actual de la tierra
Compactación de suelos, debido al paso continuo de maquinaria y de automóviles	Perdida de especies	Alteración de la estética del paisaje	Deterioro de la red vial existente debido al incremento del tránsito
Alteración de la calidad del aire por la emisión de gases de vehículos y maquinarias	Cambio en la conducta de las especies animales producto del ruido de la construcción	Incomodidad producto del ruido de la construcción.	Aumento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales
Alteración de calidad del aire por material particulado			
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por lavado, y transporte de lubricantes, combustibles y detergentes			

Posibles impactos en la etapa de operación y mantenimiento para filtros percoladores.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Aceptación social del proyecto	Generación de empleo
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Contaminación y muerte de especies acuáticas	Alteración de la estética del paisaje	

APÉNDICE 5.1. CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL CASO DE ESTUDIO.

Ambas localidades pertenecen al Distrito capital de Bogotá y sus características ambientales generales son las siguientes:

- Geología: La Sabana de Bogotá está localizada en la parte central de la Cordillera Oriental y en ella afloran rocas desde el Cretácico Superior al Cuaternario las cuales evidencian diferentes condiciones de sedimentación. Las rocas más antiguas están representadas en las formaciones Chipaque, La Frontera, Simijaca y Conejo (Turoniano-Santoniano); ésta sedimentación tuvo lugar en ambientes marinos con la depositación de 1.200 m aproximados de secuencia. A partir del Campaniano las condiciones de sedimentación varían y se deposita en zonas distales la Formación Lidita Superior y la Formación Arenisca Dura en zonas proximales y continúa la sedimentación en el Campaniano Superior con la Formación Plaeners; la regresión se completa y deja como último registro marino la Formación Labor- Tierna y la parte inferior de la Formación Guaduas y empieza una sedimentación continental de tipo fluvial. En el Paleógeno y Neógeno la sedimentación de origen fluvial dio origen a las formaciones Cacho, Bogotá, Regadera y parte de Tilatá. El Mioceno es una época de tectónica activa, plegamientos, fallamiento y levantamiento de la Cordillera Oriental y afecta las formaciones antes depositadas y posiblemente se forme la cuenca de la actual Sabana de Bogotá; de éste evento al parecer quedaron registros de algunos vestigios tales como la Formación Chorrera, Marichuela y luego originó el relleno de esta cuenca con las formaciones Subachoque, río Tunjuelito y Sabana acompañados de eventos de glaciación que generaron los depósitos de la Formación Siecha y Chisacá. Dentro del área de la Sabana de Bogotá se puede establecer dos estilos estructurales: el primero, localizado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, al oriente del sinclinal de Checua, con fallas de cabalgamiento convergencia al Oriente y las otras de menor importancia se comportan como retrocabalgamiento convergencia hacia el Occidente. El segundo estilo estructural se presenta al occidente, está caracterizado por fallas de cabalgamiento convergencias al occidente como sistemas imbricados que nacen y son controlados por fallas de dirección noroeste que sirven como rampas laterales. Además de las estructuras regionales, existen zonas con diapirismo de sal

generalmente localizadas en el núcleo de los anticlinales. El diapirismo es un generador de estructuras muy complejas como las observadas en Zipaquirá, Nemocón y posiblemente entre el sector de Sesquilé y La Calera.

- Relieve: Ambas localidades presentan una topografía plana, ligeramente inclinada de oriente a occidente, predominando una tipología de valle aluvial.
- Suelos: el uso del suelo se define en función del tipo de actividad que se puede desarrollar en el mismo de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial el suelo de Bogotá se clasifica como: suelo urbano, suelos de expansión urbana, y suelo rural.
- Clima: Bogotá está situada en el altiplano cundiboyacense y cuenta con lluvia menos de 200 días al año, presentando grandes contrastes entre sitios relativamente cercanos. En la Sabana de Bogotá, por ejemplo, caen alrededor de 1.500 mm anuales en las estribaciones de los cerros orientales, mientras que en el sector suroccidental del altiplano caen cerca de 500 mm al año. Los meses de enero y febrero son los más secos y octubre y noviembre los más lluviosos. La Sabana tiene una temperatura promedio de 14°C, que puede oscilar entre los 9 y los 22°C; las temperaturas en los meses de diciembre, enero y marzo son altas, presentándose grandes variaciones y siendo normal que predominen días secos y soleados, aunque puedan experimentar bajas temperaturas en las noches y heladas en las madrugadas. Durante abril y octubre las temperaturas promedio son más bajas, pero sus variaciones son menores. Engativá tiene una temperatura promedio de 14,6°C y una humedad relativa de 75% típicas de la zona media de la ciudad. Es de anotar que el área urbana puede presentar entre dos y tres grados más de temperatura que las zonas rurales, debido a la gran masa construida de la ciudad y materiales como concreto y el vidrio que refleja buena parte de la energía solar recibida. La ciudad tampoco no ha sido ajena al cambio climático global, ya que en los últimos años ha presentado alteraciones climáticas, como aguaceros muy fuertes, que causan inundaciones y granizadas inesperadas en algunas partes de la ciudad. Igualmente se han presentado fenómenos de vientos inusuales que levantan tejados y generan pérdidas económicas.

- **Hidrografía:** En el caso de Engativá el sistema hidrológico pertenece a la cuenca del río El Salitre (o Juan Amarillo) y al río Bogotá en el costado occidental. La localidad también cuenta con tres humedales de gran interés para el distrito: el humedal Jaboque, el humedal Santa María y el humedal Juan Amarillo o Tibabuyes con el que limita por el costado norte con la localidad Suba. Dentro de la localidad se encuentran los canales Boyacá, Marantá, Bolivia, Cortijo, Jaboque, los Ángeles y el Carmelo. El río Bogotá constituye el límite del costado occidental de la localidad, la otra orilla corresponde al municipio de Cota. El río se encuentra en ordenación, es decir, está en la etapa de formulación del Plan de Ordenación y Manejo en toda su cuenca que incluye 19 subcuencas, 45 municipios y el área del Distrito Capital. En el borde de la localidad Engativá el río Bogotá recibe las descargas de aguas servidas altamente contaminadas de los asentamientos subnormales. Por su parte la localidad de Fontibón, en los límites sur y occidental está bordeada por los ríos Bogotá y Fucha. Este último es el resultado de la confluencia de los ríos San Francisco y San Cristóbal y drena el centro de Bogotá y su principal zona industrial. Así mismo, forma parte de la red hidrográfica el canal de San Francisco, que se extiende desde la Avenida El Espectador y se une con el caño Boyacá, desde el río Fucha, pasando por la Autopista El Dorado, para desembocar en el río Bogotá, en esta localidad también se encuentran los humedales de Capellanía y Meandro del Say.
- **Vegetación:** El bosque Andino alto, se caracteriza por una vegetación alta y cerrada con bosques de encenillo y otras especies como pegamoscos, gague, canelo espino, arrayan y uva. El bosque andino bajo, aparece en las laderas bajas de los cerros, está formado por una gran diversidad de especies como el gomo, el mano de oso, el trompeto, el cedrillo, el raqué y gran variedad de helechos, frailejones, chusque, tagua y líquenes entre otros.
- **Fauna:** En los reductos secundarios se encuentran mamíferos pequeños como ratones forestales, murciélagos nectarívoros, marsupiales, comadrejas y zorros; y unas 58 especies de aves lo que corresponde al bosque andino alto. En el bosque andino bajo existen algunas comadrejas, runchos y cánidos. En cuanto a las aves

hay mirla negra, golondrina, cernícalo, chirlobirlo, copetones, cucaracheros y variedad de colibríes.

- Aspectos Demográficos: De acuerdo con las proyecciones de población realizadas a partir del Censo General de 2005, la población de Bogotá para 2011 es de 7.467.804 personas y la de Engativá de 843.722, lo que representa el 11,3% de los habitantes del Distrito Capital. Se estima que en esta localidad la distribución por género es de 402.653 hombres y 441.069 mujeres. Se proyecta un aumento de la población del 3,7 % de 2011 a 2015, tasa de crecimiento menor que la de ciudad (5,5%), lo que resulta en 874.755 habitantes en 2015 en la localidad. En relación con la distribución de la población por grupos de edad, en Engativá las personas entre 0 y 15 años representan el 21,8%; entre 15 y 34 años, el 33,7%; entre 35 y 59, el 33,1% y mayores de 60 el 11,3%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a adultos y jóvenes adultos. Para 2015 se proyecta en Engativá una disminución de la población infantil y joven, que pasará a representar el 20,4% (de 0 a 15 años) y 32,3% (de 15 a 34), la población de adultos y personas en edad productiva (adultos entre 35 y 59 años) se pronostican pasen a un 34,2%, mientras que se rescata un notable crecimiento de las personas mayores de 60 años pasando al 13,1% siendo la población con mayor tasa de crecimiento.

En el caso de Fontibón: 345.909, esta localidad representa el 4,6% de los habitantes del Distrito Capital, que equivalen a unos 345.909 pobladores. Se estima que la distribución por género es de 163.761 hombres y 182.148 mujeres. Se proyecta en esta localidad un aumento de la población del 10 de 2011 a 2015, tasa de crecimiento del doble de la ciudad (5,5%), lo que resulta en 380.453 habitantes en 2015 en la localidad. En relación con la distribución de la población por grupos de edad, las personas entre 0 y 15 años representan el 28,8%; entre 15 y 34 años, el 34,5%; entre 35 y 59, el 33% y mayores de 60 el 9,7%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a niños, adolescentes y jóvenes adultos. Para el 2015 se proyecta en Fontibón una disminución de la población infantil y joven, que pasará a representar el 21,4% (de 0 a 15 años) y 33,2% (de 15 a 34), mientras que la población de adultos y adultos mayores

tiende a aumentar, especialmente, las personas en edad productiva (adultos entre 35 y 59 años), al pasar al 34,2% las personas de este grupo y al 11,2% los adultos mayores.

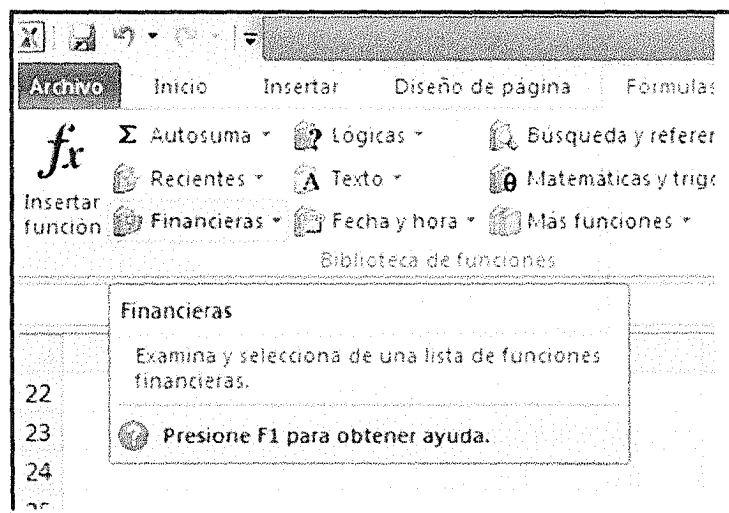
- Condiciones socioeconómicas: Para la medición de la pobreza y la cuantificación de la situación socioeconómica de los habitantes de la localidad se usó la medición de pobreza del Índice de Condiciones de Vida (ICV), que valora el estándar de vida mediante la combinación de variables de capital humano, acceso potencial a bienes físicos y otras que describen la composición del hogar. Los factores que lo componen son: acceso y calidad de los servicios, educación y capital humano, tamaño y composición del hogar y calidad de la vivienda. Cada uno de estos componentes se desagrega en elementos más específicos, asignándoles un puntaje máximo. La suma de los puntajes máximos de todos los factores es igual a 100, límite que significa una excelente calidad de vida. El valor resultante para la localidad de Engativá fue de 93,03 siendo la séptima localidad con mayor calidad de vida, mientras que Fontibón el índice se sitúa en 93,79, por lo que la localidad se configura en la ciudad, como la cuarta localidad con mayor nivel de vida.

***APÉNDICE 5.2. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS DEL
ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.***

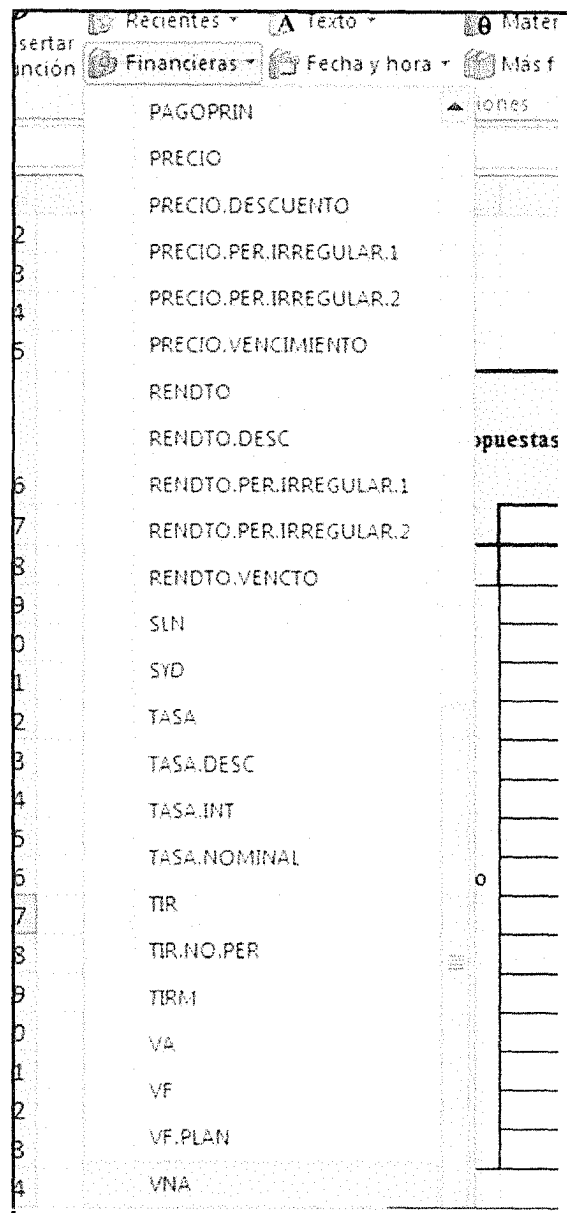
- Se colocan los datos en el programa discretizados según los años.

Propuestas		Tratamiento Primario	Tratamiento Primario y Secundario	Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección
	Año			
Inversión (\$)	1	1.274.449	2.000.000	2.005.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488	174.000	174.500
	3	148.488	174.000	174.500
	4	148.488	174.000	174.500
	5	148.488	174.000	174.500
	6	148.488	174.000	174.500
	7	148.488	174.000	174.500
	8	148.488	174.000	174.500
	9	148.488	174.000	174.500
	10	148.488	174.000	174.500
	11	148.488	174.000	174.500
	12	148.488	174.000	174.500
	13	148.488	174.000	174.500
	14	148.488	174.000	174.500
	15	148.488	174.000	174.500
	16	148.488	174.000	174.500

- Se procede a calcular el VPC haciendo uso de la ventana formulas financieras.



- Se escoge la correspondiente formula en este caso es VNA.



- Se procede a introducir los datos para el calculo del VPC, esto se realiza para cada uno de los tratamientos.

Propuestas	Tratamiento Primario	
	Año	
Inversión (\$)	1	1.274.449
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488
	3	148.488
	4	148.488
	5	148.488
	6	148.488
	7	148.488
	8	148.488
	9	148.488
	10	148.488
	11	148.488
	12	148.488
	13	148.488
	14	148.488
	15	148.488
	16	148.488

	174.000	174.500
	174.000	174.500

Argumentos de función

VNA

Tasa 0,12 = 0,12

Valor1 E28:E43 = {1274449; 148488; 148488; 148488; 1...}

Valor2 = número

= 2040875.577

Devuelve el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) y entradas (valores positivos).

Tasa: es la tasa de descuento durante un periodo.

Resultado de la fórmula = 2040875,577

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar Cancelar

- Ahora se procede a calcular el CAE, igualmente se va a fórmulas financieras y se escoge la opción PAGO.

fx

Σ Autosuma

Lógicas

Búsqueda y referencia

Recientes

Texto

Matemáticas y trigonométricas

Financieras

Fecha y hora

Más funciones

Insertar función

DVS

INT.ACUM

INT.ACUM.V

INT.EFECTIVO

INT.PAGO.DIR

LETRA.DE.TES.PRECIO

LETRA.DE.TES.RENDTO

LETRA.DE.TEST.EQV.A.BONO

MONEDA.DEC

MONEDA.FRAC

NPER

PAGO

PAGO.INT

PAGO.PRIN

PAGOINT

PAGOPRIN

PRECIO

PRECIO.DESCUENTO

PRECIO.PER.IRREGULAR.1

PRECIO.PER.IRREGULAR.2

PRECIO.VENCIMIENTO

RENDTO

RENDTO.DESC

RENDTO.PER.IRREGULAR.1

RENDTO.PER.IRREGULAR.2

Propuestas

Tratamiento Primario

Año	
1	1.274.44
2	148.488
3	148.488
9	148.488
10	148.488
11	148.488
12	148.488
13	148.488
14	148.488
15	148.488
16	148.488

Bs. 2.040.8

PAGO(tasa;nper;va;vf;tipo)

Calcula el pago de un préstamo basado en pagos y tasa de interés constantes.

Presione F1 para obtener ayuda.

- Se selecciona y se introducen los valores pertinentes, esto se realiza para cada uno de los tratamientos propuestos.

Propuestas		Tratamiento Primario
	Año	
Inversión (\$) Operación y mantenimiento (\$)	1	1 274.449
	2	148.488
	3	148.488
	4	148.488
	5	148.488
	6	148.488
	7	148.488
	8	148.488
	9	148.488
	10	148.488
	11	148.488
	12	148.488
	13	148.488
	14	148.488
	15	148.488
	16	148.488

Bs. 2 040 875,58	=PAGO(0,12;16;E44)
------------------	--------------------

Argumentos de función

PAGO

Tasa 0,12 = 0,12

Nper 16 = 16

Va E44 = 2040875,577

Vf = 0

Tipo = 0

Calcula el pago de un préstamo basado en pagos y tasa de interés constantes.

Va es el valor actual: la cantidad total de una serie de pagos futuros.

Resultado de la fórmula = Bs. -292.641,19

Ayuda sobre esta función

Aceptar Cancelar

- Ahora se realiza la conversión de precios financieros a precios económicos, para esto se necesitó la relación precio cuenta colombiana, utilizando para la inversión una relación de 0,80 el cual corresponde a costos de construcción y para la operación y mantenimiento se empleara una de 0,60 que corresponde a mano de obra no calificada, esto bajo el supuesto que la operación y mantenimiento requieran mayoritariamente este tipo de mano de obra.
- Se calcula nuevamente el VPC Y EL CAE igual que el procedimiento anterior pero esta vez con los nuevos valores.
- Para el cálculo del beneficio ambiental primero se sumó el total de pobladores de las dos localidades.

Propuestas	DAP (S)	Población Engativa (hab)	Población Fontibón (hab)	Número total de familias (N°)	Beneficio Ambiental (S)
Calidad A	1,93	893.944	327.933	$=F56+G56$	5.659.725
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

- Luego se multiplicó el número total de habitantes por la disposición a pagar para cada opción.

Propuestas	DAP (S)	Población Engativa (hab)	Población Fontibón (hab)	Número total de familias (N°)	Beneficio Ambiental (S)
Calidad A	1,93	893.944	327.933	244.375	$=E56*H56$
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

***APÉNDICE 5.3. PONDERACIÓN PARTICULAR DE LOS ANÁLISIS: AMBIENTAL,
FINANCIERO, ECONÓMICO Y SOCIAL.***

Profesional Experto 1

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,143
Tratamiento Primario y Secundario ,286
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,571
Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,200
Tratamiento Primario y Secundario ,400
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,400
Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,143
Tratamiento Primario y Secundario ,429
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,429
Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333
Tratamiento Primario y Secundario ,333
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333
Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional Experto 2

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,051
Tratamiento Primario y Secundario ,227
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,722
Inconsistency = 0,20
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,693
Tratamiento Primario y Secundario ,220
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,087
Inconsistency = 0,21
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,071
Tratamiento Primario y Secundario ,206
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,723
Inconsistency = 0,28
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333
Tratamiento Primario y Secundario ,333
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333
Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional Experto 3

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,082	
Tratamiento Primario y Secundario	,736	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,682	
Inconsistency = 0,10		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,123	
Tratamiento Primario y Secundario	,170	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,707	
Inconsistency = 0,13		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,106	
Tratamiento Primario y Secundario	,193	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,701	
Inconsistency = 0,00877		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	
Inconsistency = 0,		
with 0 missing judgments.		

Profesional Experto 4

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,126	
Tratamiento Primario y Secundario	,416	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,458	
Inconsistency = 0,00877		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,550	
Tratamiento Primario y Secundario	,240	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,210	
Inconsistency = 0,02		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,413	
Tratamiento Primario y Secundario	,327	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,260	
Inconsistency = 0,05		
with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	
Inconsistency = 0,		
with 0 missing judgments.		

Profesional Experto 5

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 6

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,191	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,761	

Inconsistency = 0,31

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,157	
Tratamiento Primario y Secundario	,249	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,594	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,077	
Tratamiento Primario y Secundario	,382	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,542	

Inconsistency = 0,11

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 7

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,066	
Tratamiento Primario y Secundario	,717	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,717	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,717	
Tratamiento Primario y Secundario	,066	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,717	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,050	
Tratamiento Primario y Secundario	,221	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,729	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 8

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,140	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,528	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,540	
Tratamiento Primario y Secundario	,297	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,163	

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,157	
Tratamiento Primario y Secundario	,249	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,594	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 9

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,157

Tratamiento Primario y Secundario ,249

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,594

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,163

Tratamiento Primario y Secundario ,297

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,540

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,097

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,570

Inconsistency = 0,02

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 1

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,047

Tratamiento Primario y Secundario ,178

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,725

Inconsistency = 0,36

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,117

Tratamiento Primario y Secundario ,268

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,614

Inconsistency = 0,07

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,058

Tratamiento Primario y Secundario ,278

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,663

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 2

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,055	
Tratamiento Primario y Secundario	,307	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,638	

Inconsistency = 0,13
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,500	
Tratamiento Primario y Secundario	,250	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,250	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,101	
Tratamiento Primario y Secundario	,255	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,643	

Inconsistency = 0,21
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 3

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,042	
Tratamiento Primario y Secundario	,180	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,778	

Inconsistency = 0,53
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,500	
Tratamiento Primario y Secundario	,250	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,250	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,122	
Tratamiento Primario y Secundario	,320	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,558	

Inconsistency = 0,02
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 4

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,065	
Tratamiento Primario y Secundario	,199	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,736	

Inconsistency = 0,23

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,667	
Tratamiento Primario y Secundario	,167	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,167	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,089	
Tratamiento Primario y Secundario	,323	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,588	

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 5

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,089	
Tratamiento Primario y Secundario	,323	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,588	

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,584	
Tratamiento Primario y Secundario	,232	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,184	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,149	
Tratamiento Primario y Secundario	,376	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,474	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

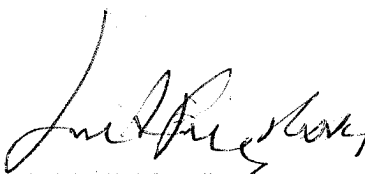
Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

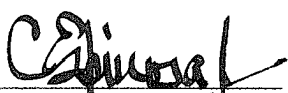
**PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD
DE LOS PROYECTOS DE CALIDAD AMBIENTAL. CASO:
PROYECTOS DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES
MUNICIPALES.**

Presentado por:

Sergio Santos Cañizares Arango



Prof. José Pérez Roas
Tutor



Prof. Carlos Espinosa Jiménez
Co-Tutor



Prof. Ketheis Márquez Benítez
Co-Tutor

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2014**



ACTA

En la ciudad de Mérida, capital del Estado Mérida, República Bolivariana de Venezuela, a los veintiséis días del mes de septiembre del año dos mil catorce, siendo las nueve de la mañana, en la sede del CIDIAT-ULA, el **Ingeniero Geólogo SERGIO SANTOS CAÑIZARES ARANGO**, titular de la cédula de identidad N° V-15.175.348, presentó y defendió su Trabajo de Grado Titulado "**PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS DE CALIDAD AMBIENTAL. CASO: PROYECTOS DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES MUNICIPALES**", el cual fue dirigido por el Comité Asesor integrado por los Profesores: José A. Pérez Roas, Tutor, Carlos Espinosa J., Co-tutor y Kretheis Márquez B., Asesor.

Por consenso, el Jurado Examinador, constituido por los profesores: José A. Pérez Roas, Kretheis Márquez y Gustavo Ramírez (Evaluador Externo), designados por el Consejo Técnico de Postgrado del CIDIAT-ULA, argumenta que el Trabajo de Grado reúne satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos para obtener el Grado Académico de: Magíster Scientiae en "**Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en estudios de impacto ambiental)**".

En atención a lo señalado y en un todo acuerdo con la exposición oral ofrecida por el Ingeniero Geólogo **SERGIO SANTOS CAÑIZARES ARANGO**, el Jurado acordó: APROBAR el presente Trabajo de Grado.

En la ciudad de Mérida, Estado Mérida, a los veintiséis días del mes de septiembre del año dos mil catorce.

Prof. José A. Pérez Roas
CI V-3.315.610
Jurado Examinador

Prof. Kretheis Márquez B.
CI V-16.065.189
Jurado Examinador

Prof. Gustavo Ramírez
CI V-13.099.083
Evaluador Externo



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	IX

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Objetivos.	2
1.3.1 Objetivo general.	2
1.3.2 Objetivos específicos.	2
1.4 Justificación.	4
1.5 Alcances.	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 Bases conceptuales.	7
2.1.1 Desarrollo Sustentable.	7
2.1.2 Sostenibilidad.	7
2.1.3 Proyecto.	7
2.1.4 Toma de decisiones.	10
2.1.5 Proyecto de Calidad Ambiental.	10
2.1.6 Proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.	10
2.1.7 Aguas Residuales.	10
2.1.8 Aguas residuales municipales.	10
2.1.9 Aguas residuales industriales	11
2.1.10 Características de las aguas residuales.	12
2.1.11 Análisis ambiental.	14
2.1.12 Análisis financiero-económico.	14
2.1.13 Análisis social.	16
2.1.14 Análisis de sostenibilidad.	17
2.2 Revisión bibliográfica de antecedentes y metodologías de análisis.	17
2.2.1 Antecedentes.	17
2.2.2 Análisis ambiental.	24
2.2.3 Análisis Financiero-Económico	31
2.2.4 Análisis social.	36
2.4.5 Metodologías para la selección de tecnologías de tratamiento.	38
2.4.6. Metodologías para toma de decisiones en función de la sostenibilidad del proyecto.	41

APÉNDICE 4.1. Posibles impactos ambientales que presentan las diferentes tecnologías para tratamiento de aguas residuales.	121
APÉNDICE 5.1. Caracterización ambiental del caso de estudio.	131
APÉNDICE 5.2. Procedimiento para realizar los cálculos del análisis económico-financiero.	139
APÉNDICE 5.3. Ponderación particular de los análisis: ambiental, financiero, económico y social.	146

ICA.	
Tabla 5.7 Calculo del ICA.	86
Tabla 5.8. Evaluación ambiental de los distintos tratamientos, usando la metodología RIAM	87
Tabla 5.9. Aspectos a considerar en el análisis financiero.	89
Tabla 5.10. Cálculo el valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis financiero	90
Tabla 5.11. Cálculo del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis económico	91
Tabla 5.12. Calculo de Beneficio ambiental.	92
Tabla 5.13. Comparación de costo anual equivalente (CAE) con el beneficio ambiental.	92
Tabla 5.14. Distribución de la equidad.	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Momento	63
Valor del impacto ambiental potencial	65
Ecuaciones de la matriz RIAM	69
Valor presente de los costos	71
Costo Anual Equivalente	71
Factor de recuperación del capital	71
Precio económico	72

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios Todopoderoso y a mi Abuelo Gabriel, quien fuera un gran ejemplo en el transcurso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Ángela María, sin su apoyo no hubiera conseguido este logro.

A mi novia Daniella, por su paciencia y compañía.

A mis tutores por su tiempo y enseñanzas.

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

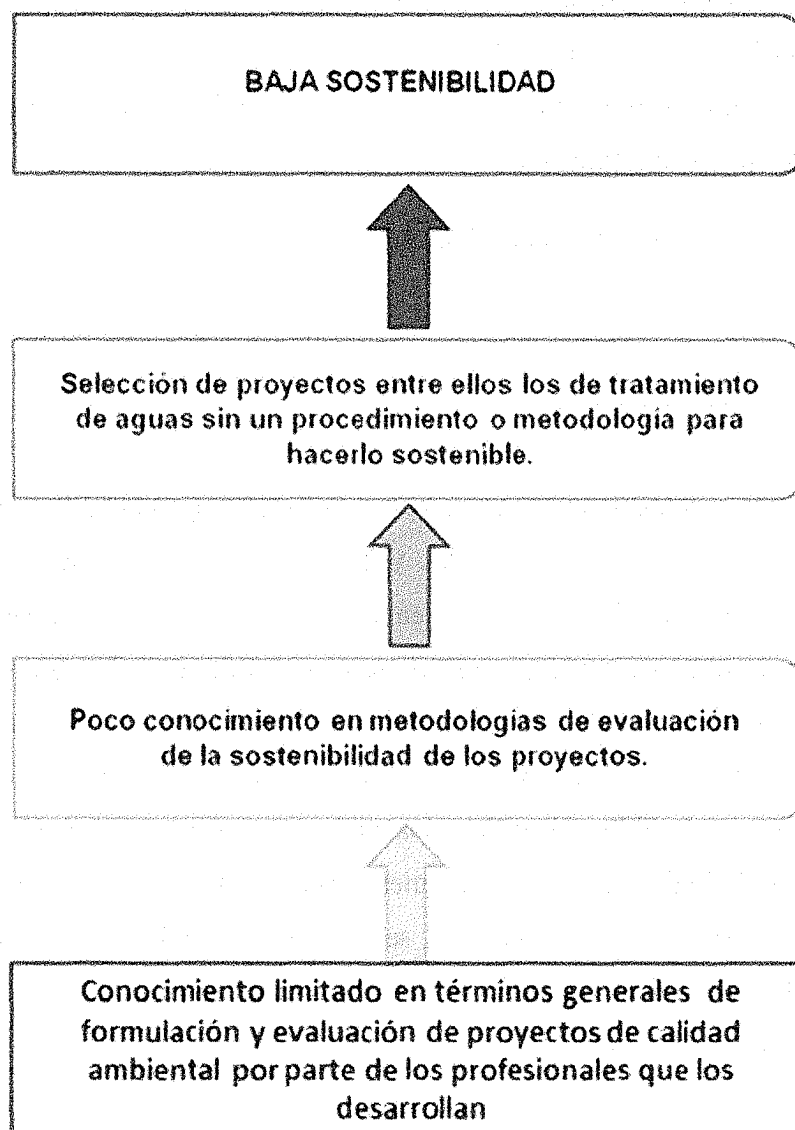
El saneamiento ambiental constituye hoy en día una prioridad en los países desarrollados y en vías de desarrollo. El consumo masivo de los recursos naturales para obtener materias primas y cubrir las necesidades de los seres humanos, ha llevado a la contaminación ambiental a un grado tal, que ya no se puede hablar en términos de mitigación o de protección, hoy en día se habla de recuperación y saneamiento. Uno de los recursos que se ve más afectado dentro de este proceso de polución, es el agua. Su demanda en estado apto para el consumo cada vez es mayor y la forma en que este recurso se maneja actualmente, en términos generales, no es apropiada, lo que desmejora su calidad cada vez más. Dado esto, es notorio que la depuración del agua es un factor importante para la salud pública de un país, puesto que el mejoramiento en la calidad del agua representa una disminución en las enfermedades de origen hídrico.

Es evidente que el proceso de crecimiento de un país está atado a las inversiones que en él se realicen y en la forma en que se administren esas inversiones. Esto, en los proyectos se interpreta como efectividad y eficiencia a la hora de cumplir los objetivos. Muchas veces los proyectos de calidad ambiental referentes al tratamiento de efluentes domésticos no cumplen sus objetivos y además no perduran en el tiempo, terminando en fracaso. En este sentido la investigación que se realizó está relacionada con el análisis de sostenibilidad de proyectos de tratamiento de efluentes domésticos.

En el presente capítulo se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y los alcances de la investigación.

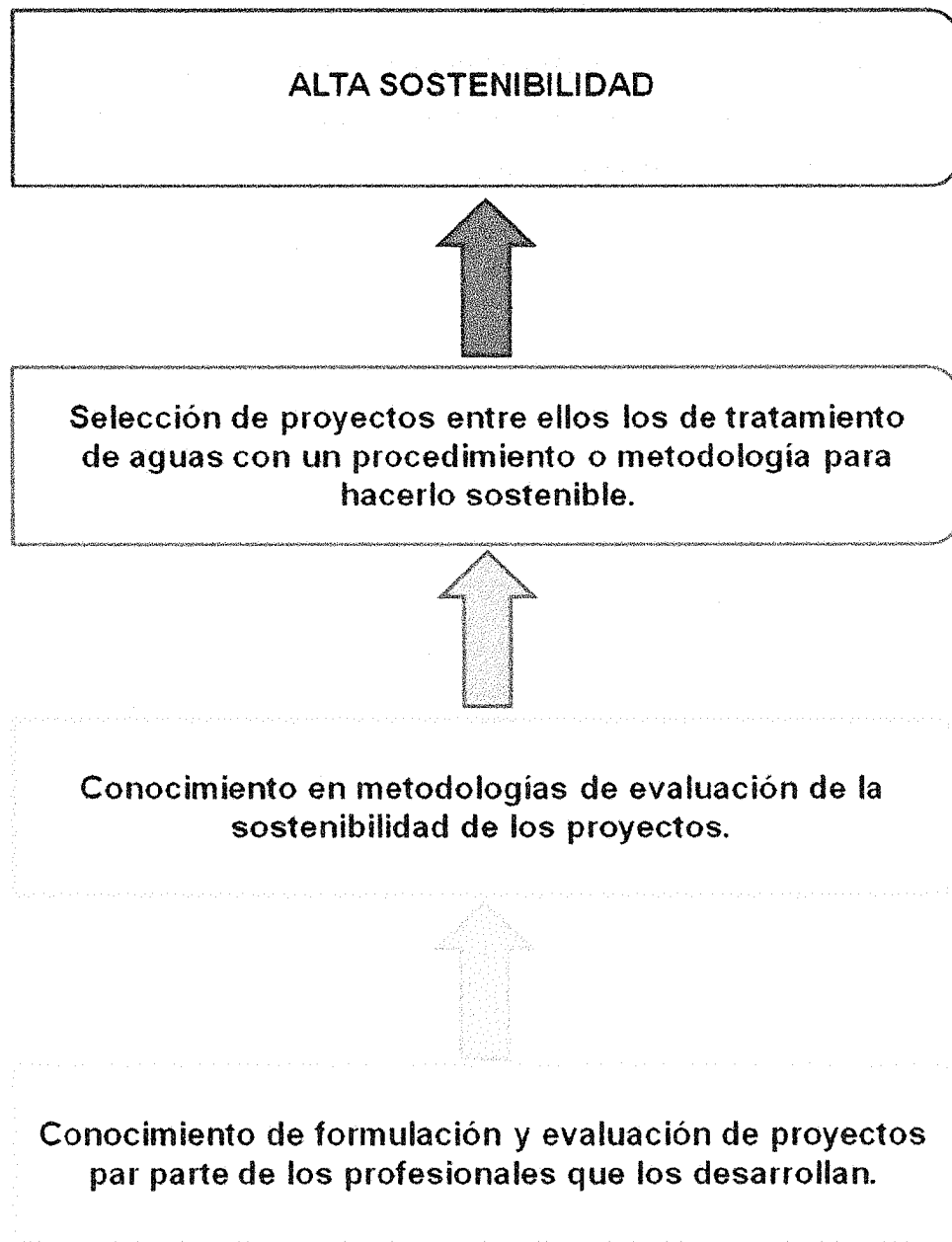
1.2 Planteamiento del problema.

Todos los proyectos sin excepción deben analizarse bajo la óptica de la sustentabilidad. La misma se representa como un triángulo cuyos lados contienen:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.1. Árbol de problemas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.2. Árbol de objetivos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se establecerán los conceptos clave o básicos para comprender el trabajo a cabalidad y se presentará la revisión bibliográfica correspondiente a los antecedentes de este tipo de investigación, así como las metodologías existentes para los análisis ambiental, financiero-económico, social y de toma de decisiones.

2.1 Bases conceptuales.

2.1.1 Desarrollo Sustentable.

El concepto de desarrollo sustentable se hizo conocido mundialmente a partir del informe “Nuestro Futuro Común”, publicado en 1987 con motivo de la preparación a la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992; la comisión mundial para el ambiente y desarrollo establecida por las naciones unidas define el desarrollo sustentable como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

2.1.2 Sostenibilidad.

Es la capacidad de un determinado proyecto, para mantenerse funcionando en el tiempo, utilizan sus propios recursos, y ofreciendo un servicio para las generaciones actuales y futuras.

2.1.3 Proyecto.

Pérez (2013), establece que el proyecto es un conjunto autónomo de inversiones, políticas y medidas institucionales y de otra índole diseñadas para lograr un objetivo (o conjunto de objetivos), de desarrollo en un periodo determinado, o solucionar un problema o satisfacer una necesidad.

Las etapas de un proyecto según Márquez y Pérez (2013) son:

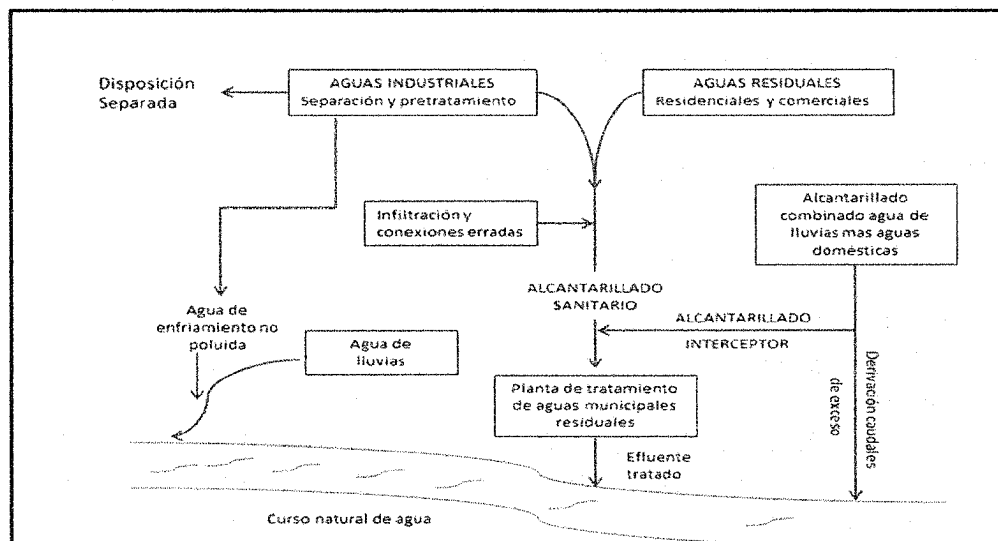
- Seleccionar la(s) opción(es) preferida(s) (a través de las evaluaciones del sitio y la tecnología y la rentabilidad de las opciones), y solicitar los fondos para ejecutar las actividades que permitan obtener un estimado de costos.
3. **Ingeniería básica:** Esta fase se corresponde a la selección final de la alternativa de proyecto, sobre la cual se efectuó la evaluación del proyecto para determinar su viabilidad, técnica, institucional, económica, social y ambiental, así como los riesgos asociados a su implementación. En este punto se inicia la ingeniería y planificación preliminar de los componentes y actividades que conforman la alternativa de proyecto seleccionada. El objeto final de la ingeniería básica es Preparar la documentación que sirva de base para la ingeniería de detalle y la contratación de la ejecución del proyecto. PDVSA (1999) expone que para lograr desarrollar este objetivo, es necesario ejecutar las siguientes actividades:
- Analizar los riesgos.
 - Precisar el alcance y elaborar el diseño básico.
 - Desarrollar en detalle el plan de ejecución.
 - Preparar el estimado de costos.
 - Evaluar el grado de definición del proyecto.
4. **Ingeniería de detalle:** Como su nombre lo indica, el objetivo final de esta fase es la obtención detallada de la información necesaria para ejecutar y poner en operación el proyecto. Consiste en la especialización de la ingeniería básica, obteniéndose planos y balances finales de cada uno de los componentes que integran el proyecto, descripción y cuantificación tanto de los insumos requeridos como de las actividades a ser ejecutadas, contando incluso con las condiciones de contratación o responsabilidades que deberían internalizar los involucrados en la ejecución del proyecto
5. **Instalación, procura y construcción (IPC):** Hace referencia a la movilización y suministro de materiales y equipos de construcción, la instalación de tuberías y otros accesorios de los distintos componentes del proyecto (respetando en cada caso en particular, la normativa específica) así

de tratamiento municipal. Los principales contaminantes de las aguas residuales municipales están formados por materia orgánica, en suspensión y en disolución, que mayormente son degradables. Se pueden clasificar en:

- Aguas negras o fecales.
- Aguas grises o de lavado doméstico.
- Aguas procedentes del sistema de drenaje de calles y avenidas.
- Aguas de lluvia y lixiviados.

2.1.9 Aguas residuales industriales

Romero (1999), define a estas como las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufacturas. Estas aguas son variables en cuanto a caudal y composición, siendo muy distintas las características de los vertidos de una industria a otra. Las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino en determinadas horas del día o incluso en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son comunes las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. A continuación, en la Figura 2.1 se presentan las principales fuentes de aguas residuales municipales.



Fuente: Romero (1999) con modificaciones del autor

Figura 2.1. Principales fuentes de aguas residuales municipales.

Tabla 2.2. Características de las aguas residuales en Venezuela.

Parámetro	Caracas (1)	Maracaibo (2)	La Victoria (3)	Valera Barquisimeto (4)	Barquisimeto La Paz (5)	Villavieja Caracas (6)
DBO (mg O₂/l)	150	66-110	236	216	180	122
DQO (mg O₂/l)	320	263-567	299	253	423	340
SST (mg/l)	95	190-242	1308	446	706	824
N-NH₃ (mg N/l)	-	4,8-8,5	17,53	14,6	12,5	0
NTK	48	-	23.17	26,5	25,7	36,03
PH	-	6,8-7,0	-	-	-	-
Temperatura (C)	-	-	-	-	-	-

1. F. Rodríguez. Dpto. Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería. UCV.
 2. Tahal Consulting Engineer LTD (1998).
 3. E. López. Planta Experimental. Dpto. Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería. UCV.
- Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

Félez (2009), señala por su parte, que entre los contaminantes más comunes presentes en las aguas residuales se tienen:

- *Arenas*: Son partículas de tamaño apreciable, que en su mayoría son de origen mineral y pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar. Son fuente de abrasión en los conductos por donde circulan y pueden generar obstrucción y deposición cuando las aguas residuales circulan a bajas velocidades.
- *Grasas y aceites*: Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser insolubles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.
- *Residuos con requerimiento de oxígeno*: Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo consumiendo oxígeno del medio. Estas

mismo principio del que contamina paga también ha estimulado un creciente interés en la aplicación de instrumentos económicos en todo el mundo, demostrando que estas evaluaciones tienen el potencial para determinar medidas rentables de aprovechamiento, uso y aplicación de tecnologías de control de la contaminación.

El objetivo de este análisis es revisar los instrumentos financieros y económicos más utilizados para el control de la contaminación del agua y para la selección de las herramientas más adecuadas en el caso de proyectos de efluentes municipales.

La evaluación económica-financiera permite:

- Optimizar la asignación de recursos con los que dispone el proyecto.
- Permite puntualizar cuánto invertir y en qué invertir.
- Permite establecer si un proyecto es viable o no y el momento para realizarlo.
- Determinar los costos y beneficios del proyecto.
- Toma de decisiones.

Este análisis establece los siguientes conceptos:

- **Proyectos públicos:** estos son realizados bajo la responsabilidad de una entidad gubernamental y da privilegio a la comunidad, debe llevar tanto el análisis económico como el análisis financiero.
- **Proyectos privados:** Son proyectos cuyo responsable es una entidad privada, la cual tiene algún interés económico y en función de la evaluación deciden realizar el proyecto o no. El análisis que se debe establecer es el financiero.
- **Recursos del proyecto:** Es la cantidad de capital que posee la empresa privada o entidad gubernamental para la realización del proyecto, y en virtud de esto determina en gran medida cuál tecnología se usará y la cantidad de maquinaria y personal que se podrá usar y contratar respectivamente.

En este análisis se utilizan instrumentos económicos tales como:

2.1.14 Análisis de sostenibilidad.

Es la conjugación de los diferentes análisis, a través de las variables escogidas, en función de determinar cuál proyecto o alternativa de proyecto es más adecuada desde el punto de vista de la sostenibilidad, este criterio utiliza herramientas de toma de decisión y el juicio de profesionales que comparan, ponderan y categorizan los datos obtenidos.

2.2 Revisión bibliográfica de antecedentes y metodologías de análisis.

La investigación planteada conlleva varios análisis para poder introducir el concepto de sostenibilidad dentro de los proyectos de calidad ambiental, estos son: un análisis ambiental, un análisis social y un análisis económico. La mayoría de los trabajos de esta índole se concentran sólo en la parte ambiental y económica, lo que los aleja de ser proyectos sostenibles en sí. Esta investigación espera dar un procedimiento que abarque los tres paradigmas del triángulo de la sustentabilidad para así poder generar resultados aplicables.

A continuación se presentan algunos trabajos que ya han intentado introducir la sostenibilidad en los proyectos ambientales, algunas metodologías usadas en evaluaciones ambientales, financiera-económica, social y una revisión de herramientas para la toma de decisiones para el análisis de sostenibilidad que fueron revisadas con el fin de proponer una serie de pasos derivados de dicha investigación.

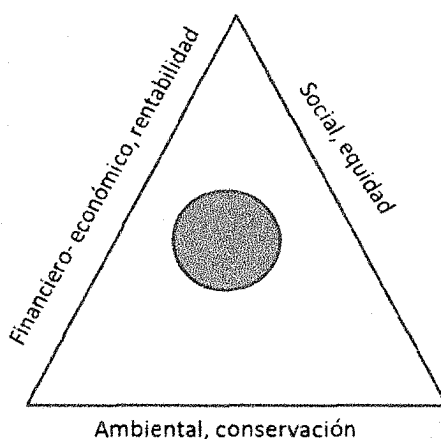
2.2.1 Antecedentes

1. El principal documento encontrado que hace énfasis en este tipo de proyectos es el elaborado por Helmer (1997) titulado Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles, (Control de la Contaminación del Agua - Una guía para el uso de los principios de Gestión de Calidad de Agua); en el cual se establecen los principios a ser considerados para el manejo de aguas residuales los cuales son:
 - Utilice el principio de precaución. Hay muchos ejemplos de la aplicación y vertido de sustancias peligrosas en el medio acuático, incluso cuando tales

planificación y la ejecución de las actividades de control de la contaminación del agua

2. Fueron revisadas las notas del curso Formulación y Evaluación de proyectos ambientales dictado por el profesor Pérez (CIDIAT-2013), este curso posee un módulo dedicado a los proyectos de calidad ambiental en el cual se establecen bases conceptuales sobre este tipo de proyectos, define los tipos de proyectos de calidad ambiental en donde se encuentran los de calidad de aguas hacia el cual va dirigido esta investigación. Muestra cada uno de los pasos que deben realizarse para proponer un proyecto de calidad ambiental basándose en evaluaciones de tipo ambientales, financieras-económicas y sociales, para de esa forma llegar a determinar la sostenibilidad del proyecto. En este curso se aprecia que un proyecto debe evaluarse desde tres ópticas que abarcan el triángulo de la sostenibilidad (Figura 2.2), estas son:

- Desde el punto de vista ambiental cuyo paradigma es la conservación.
- Desde el punto de vista financiero-económico, cuyo paradigma es la rentabilidad.
- Desde el punto de vista social, cuyo paradigma es la equidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2. Triángulo de la sustentabilidad

Los pasos que esta metodología sigue son:

- Una descripción clara de los diferentes componentes biofísicos del sistema, los insumos requeridos y extraídos (entradas y salidas) del sistema, las prácticas agrícolas, pecuarias o forestales que involucra cada sistema, las principales características socioeconómicas de los productores, y los niveles y tipos de sus organizaciones y las interacciones existentes entre los sistemas y subsistemas.
 - Determinación de las fortalezas y las debilidades de los sistemas de manejo.
 - Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos.
 - Medición y monitoreo de los indicadores.
 - Presentación e integración de resultados.
 - Conclusiones y recomendaciones.
4. Duran (2010). La gestión sustentable de proyectos ambientales. Este documento, define que la principal causa de la falta de sostenibilidad de los proyectos ambientales puede ser la participación desigual de la gente en los costos y beneficios del proyecto, a causa de los problemas relacionados con la tenencia y los derechos de uso del suelo y los recursos tradicionales, para evitar esto se debe:
- Lograr la integración de las comunidades en la planificación e implementación del proyecto.
 - Establecer la jurisdicción clara sobre el recurso natural, con participación local en la toma de decisiones.
 - Involucrar a los líderes locales en los proyectos para lograr una mayor inserción social.
 - Proveer alternativas para compensar a la población local que sufre pérdidas.
 - Proteger el patrimonio natural y cultural.

Un factor importante que resalta para que un proyecto sea sostenible es la introducción de la dimensión ambiental a un proyecto, esta puede ser introducida en diferentes etapas las cuales se presentan en la Figura 2.4. Establece como

5. Capital sustentable (2011). Guía para el desarrollo local sustentable. Esta guía presenta una completa información conceptual acerca de las interrelaciones que surgen entre la sociedad, el ambiente y la economía con la finalidad de llegar al desarrollo sustentable, explica que la mejor alternativa siempre será aquella diseñada por los propios actores del municipio, en base al conocimiento local, la participación social y el apego a los criterios de sustentabilidad. Establece que para lograr la sostenibilidad se debe comprender que la economía, la sociedad y la protección al ambiente son como tres poleas que necesitan ser jaladas al mismo tiempo para subir un cubo de agua la herramienta es el desarrollo sustentable, el resultado es la calidad de vida, la guía desarrollada expresa que se debe buscar la sostenibilidad en función de las pautas de la Agenda 21 y que cada municipio debe realizar la Agenda 21 propia con la siguiente metodología:

- Acordar una filosofía.
- Identificar problemas y causas.
- Definir objetivos generales.
- Priorizar problemas.
- Establecer objetivos específicos.
- Crear programas para abordar los objetivos.
- Formalizar un plan de acción.
- Formalizar y comprobar.
- Evaluar y retroalimentar.

La guía desarrolla apartados por componente ambiental, en el caso del agua hace referencia que para su sostenibilidad debe realizarse una evaluación del ciclo hidrológica para no romper el equilibrio ambiental, educar a los pobladores en cuanto al uso consiente del agua, generar leyes que impliquen la conservación del recurso y tratamientos para el reúso del recurso. En la Tabla 2.3 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis de sostenibilidad.

estudio de impactos ambientales del manejo de las aguas residuales y de la actividad agrícola, que consistió en los siguientes pasos:

- Identificación de los impactos: los dividen en impactos ambientales, impactos de salud e impactos socioeconómicos y culturales.
- Caracterización de impactos: los clasifican desde el punto de vista cualitativo descriptivo en impactos positivos y negativos.
- Medidas de control: establecen medidas de mitigación igualmente desde el punto de vista descriptivo.
- Programa de supervisión: proponen un plan de participación de un comité ambiental, de los usuarios del sistema que se mantenga en continua comunicación con la empresa.

2. Universidad Tecnológica Nacional (2009). Estudio de impacto ambiental de la Planta de Tratamiento San Felipe. Este trabajo estructura la evaluación de impacto ambiental de la siguiente manera:

- Observaciones preliminares: en esta etapa consideran el conocer las condiciones marco y las premisas materiales del proyecto desde el punto de vista de sus impactos ecológicos y económicos.
- Evaluación Sinóptica de la Relevancia Ambiental: describen la relevancia ambiental de los proyectos de aguas residuales.
- Diagnóstico Ambiental del Área de Influencia Directa e Indirecta: Se considera en conjunto la descripción de los aspectos ambientales, tanto para la zona de influencia directa como indirecta, haciéndose referencia en cada aspecto a cada área en particular realizando una caracterización ambiental y un estudio de línea base.
- Caracterización de impactos: determinan los impactos ambientales desde el punto de vista descriptivo netamente.
- Plan de Monitoreo Ambiental establecen un sistema para supervisar y detectar desviaciones de los efectos previstos.

evaluación de impactos ambientales, clasifica los impactos ambientales, expresa la forma como deben ser introducidos los estudios de impacto ambiental dentro de los proyectos, explica todo lo referente al uso de indicadores ambientales para evaluar la magnitud de un impacto ambiental, presenta ciertos aspectos legales a ser tomados en cuenta a la hora de realizar una evaluación de este tipo en España y muestra distintas metodologías de evaluación de impactos como: la matriz de Leopold, sistemas de red y gráficos, listas de chequeo, métodos cartográficos y métodos basados en indicadores. La metodología que proponen estos autores es la siguiente:

- Análisis del proyecto y sus alternativas, con el fin de conocerlo en profundidad.
- Definición del entorno del proyecto, y posterior descripción y estudio del mismo.
- Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio.
- Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes.
- Identificación de los factores del medio potencialmente impactados.
- Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio. Elaboración de la matriz de importancia y valoración cuantitativa del impacto.
- Predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor.
- Valoración cuantitativa del impacto ambiental, incluyendo transformación de medidas de impactos en unidades inconmensurables a valores conmensurables de calidad ambiental, y suma ponderada de ellos para obtener el impacto total.
- Definición de las medidas correctoras, precautorias y compensatorias y del programa de vigilancia ambiental, con el fin de verificar y estimar la operatividad de aquéllos.
- Proceso de participación pública, tanto de particulares como agentes sociales y organismos interesados.
- Emisión del informe final.
- Decisión del órgano competente.

herramienta para la ejecución de las evaluaciones de impacto ambiental. RIAM es bastante flexible, transparente y deja un registro permanente, que puede ser verificado de forma independiente, validada o actualizada”. Los pasos para el uso de esta herramienta son:

- Descripción e identificación de la variable ambiental.
 - El RIAM usa cinco criterios de evaluación los cuales están divididos en dos grupos A y B. En el grupo A se definen dos criterios, el primero corresponde a la importancia de la situación (A1) y el segundo a la magnitud del cambio o el efecto (A2). En el grupo B se consideran tres criterios que son: la Permanencia (B1), la Reversibilidad (B2) y la acumulación o sinergia (B3).
 - Este método jerarquiza los posibles impactos de las acciones sobre las variables ambientales en 11 categorías: Neutro (N), una escala de 5 grados de impacto beneficioso y una escala de 5 grados de impacto adverso.
 - Como resultados genera una puntuación ambiental categorizada por impactos desde el más perjudicial al más beneficioso.
8. Pardo (2002). La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI, esta autora inicia su obra con una recopilación de la evolución histórica de las evaluaciones del impacto ambiental, establece una serie de capítulos en los cuales explica la manera de realizar los impactos ambientales que expresa de esta forma:
- Se inicia con una revisión o consulta documental previa.
 - Se realiza un análisis medioambiental del proyecto (caracterización ambiental).
 - Se presenta un diagnóstico del medio afectado.
 - Se genera la identificación y valoración de alteraciones y las medidas correctoras del impacto.
9. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales (CIDIAT-2013) dictado por los profesores Pérez, J., Cabeza, M y Márquez, K. en el cual se muestra una metodología para la identificación, selección y evaluación de impactos ambientales, que sigue una serie de pasos lógicos basados en:

Gómez (1999). España.	Desagregación del proyecto en forma de árbol. Desagregación del medio en forma de árbol. Identificación y caracterización de impactos. Indicadores de impacto. Valores de medida. Calculo de las funciones de transformación y valoración del impacto. Las medidas a aplicarse y luego se valora el impacto con las medidas aplicadas.
Pastakia (1998). Dinamarca.	Descripción e identificación de la variable ambiental. Uso de los criterios de evaluación. Jerarquización de impactos. Ponderación de los impactos.
Pardo (2002). España.	Revisión o consulta documental previa. Análisis medioambiental del proyecto. Diagnóstico del medio afectado. Se genera la identificación y valoración de alteraciones y las medidas correctoras del impacto.
CIDIAT (2013). Venezuela.	Revisión del proyecto. Realización de una caracterización ambiental. Verificación de componentes, actividades y acciones. Selección de los impactos a través del estudio de su naturaleza, efecto, momento, periodicidad y recuperabilidad. Uso de la metodología RIAM.

Tabla 2.4 Continuación.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Análisis Financiero-Económico.

La revisión realizada comprende los procedimientos que algunos autores realizan para determinar análisis de tipo financiero y de tipo económico en los proyectos de tratamiento de aguas residuales:

1. Asian Development Bank (1999). *Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects* (Guía para el análisis económico de proyectos de abastecimiento de agua), en esta guía se refleja el propósito que conlleva un análisis financiero y económico para este tipo de proyectos, el análisis financiero deja ver qué tan viable es el proyecto para la inversión, y luego de esto el análisis económico permite comparar los costos y beneficios para verificar su viabilidad pero desde

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, este documento dedica su capítulo seis al análisis de los instrumentos económicos, estableciendo que a pesar de que muchos países se ven renuentes al uso de estos instrumentos, en lo referente al control de la contaminación del agua se han visto resultados positivos dada su implementación, categoriza las variables que deben ser usadas como control de precios las cuales son: cargos por contaminación, permisos de mercado, subsidios, pagos de incentivos y establece que para determinar cuál instrumento aplicar se debe realizar un análisis de costos-beneficios.
3. Pérez (CIDIAT-2013). Notas del curso “Evaluación de proyectos”. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela, en este curso se establecen los parámetros económicos que comúnmente se utilizan para valorar beneficios ambientales, para ello existen los métodos directos como la valoración contingente y los métodos indirectos que estiman el valor del impacto a partir de un mercado complementario, estos son: métodos basados en costos, precios hedónicos, costo de viaje, en función impactos a la salud y en función de impactos a la producción. También se establecen las herramientas para determinar cuáles proyectos son más factibles, algunas de estas herramientas son la tasa interna de retorno, el valor presente de los costos y el costo anual equivalente. El procedimiento que establece para análisis financiero es el siguiente:
 - Se obtienen los costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos.
 - Se calcula el valor presente de los costos (VPC).
 - En función del VPC se calcula el Costo Anual Equivalente (CAE).
 - El proyecto con menor CAE es el más adecuado desde el punto de vista financiero.

Para el análisis económico establece:

- Los costos deben llevarse a precios económicos usando una relación precio cuenta.
 - Se obtienen los beneficios usando una metodología de valoración las cuales pueden ser: costo de viaje, valoración contingente o precios hedónicos.
 - Se realiza un análisis costo/beneficio, con el cual se comparan los mismos y se determina si el proyecto es factible o no.
4. Toledo y Toledo (2010). Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo (B/C) para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): caso PTAR del Cusco. Este trabajo propone una metodología para la valoración económica/financiera de los proyectos de plantas de tratamiento, su propuesta consiste en :
- Realizar el cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente con la cual obtienen la disposición a pagar y luego utilizando programas estadísticos determinan el valor del beneficio neto.
 - Se realiza un análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos (VAN) con un período de tiempo y una tasa de retorno establecida.
 - Al tener los costos y los beneficios realizan una comparación entre los mismos para luego en base a los datos tomar una decisión.

En la Tabla 2.5 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis financiero y económico.

Tabla 2.5. Resumen de los criterios para el análisis financiero y económico.

Asian Development Bank (1999). Filipinas.	Identificación y cuantificación de los costos y los ingresos. Cálculo de los beneficios netos del proyecto. Estimar el costo financiero incremental medio, valor actual neto financiero y la tasa interna de retorno.	Definición de los objetivos del proyecto y la justificación económica. Análisis de demanda de los productos del proyecto. Identificación de las alternativas del proyecto para cumplir con los términos de tecnología, proceso, la escala y la ubicación a través de un costo mínimo y/o el costo- análisis de la eficacia utilizando los precios económicos para todas las entradas. La identificación de beneficios, tanto cuantificables como no cuantificable, y determinar si los beneficios económicos son superiores a los costos económicos. Evaluar si los beneficios netos del proyecto serán sostenibles a lo largo de la vida del proyecto a través de la recuperación de costos, tarifas y subvención (si los hay) sobre la base de (liquidez) utilizando un análisis de costo-beneficio. Realizar pruebas para detectar riesgos asociados con el proyecto. Identificación del impacto del proyecto en la reducción de la pobreza. Para determinar las tarifas proponen usar el método de valoración contingente
Helmer (1997). Inglaterra.	Control de precios, subsidios, cargos por contaminación, permisos de mercado y pagos de incentivos.	Control de precios, subsidios, cargos por contaminación, permisos de mercado y pagos de incentivos.
Pérez (CIDIAT-2013). Venezuela.	Costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos. Cálculo de VPC. Cálculo del CAE. El proyecto con menor CAE es el más adecuado desde el punto de vista financiero.	Los costos deben llevarse a precios económicos usando una relación precio cuenta. Recalcular VPC y CAE. Se obtienen los beneficios usando una metodología de valoración las cuales pueden ser: costo de viaje, valoración contingente o precios hedónicos. Se realiza un análisis costo/beneficio, con el cual se comparan los mismos y se determina si el proyecto es factible o no.

Toledo y Toledo (2010). Perú.	Cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente Calculo del Beneficio Neto. Análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos VAN. Comparación costos-beneficios	Cálculo de los beneficios ambientales utilizando la metodología de valoración contingente Calculo del Beneficio Neto. Análisis costo beneficio que inicia con el cálculo del valor actual de los costos VAN. Comparación costos-beneficios
--------------------------------------	--	--

Tabla 2.5 Continuación
 Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Análisis social.

A continuación se describe la investigación documental realizada para las metodologías de evaluación social de proyectos:

1. Departamento de Desarrollo del Banco Mundial (2002), creó un Libro-Guía para el Análisis Social: Para la incorporación de las dimensiones sociales en proyectos apoyados por el Banco, en el cual describen buenas prácticas en la aplicación del análisis social, en el cual establece parámetros como la inclusión social y el empoderamiento del proyecto por parte de la sociedad, explica que el análisis social estima la probabilidad de que el proyecto sea socialmente sustentable, de que sus beneficios económicos y oportunidades sociales sean ampliamente compartidos, y de que el proyecto contribuya a los objetivos del país en materia de desarrollo así como a la misión central del Banco, que es la reducción de la pobreza. El Banco considera los siguientes criterios para el análisis social:
 - Identifica cinco “puntos de ingreso” o dimensiones de indagación de la realidad social: (1) diversidad social y género; (2) instituciones, reglas y conductas; (3) actores sociales; (4) participación; y (5) riesgo social.
 - Los cinco puntos de ingreso permiten a los equipos formarse un esquema claro de las barreras socioculturales que se oponen a los objetivos de un

proyecto así como de los procedimientos para superarlas; tener una buena idea de la base y recursos institucionales que se necesitarán; y contar con una serie de indicadores para medir el éxito alcanzado en el logro de los objetivos del proyecto en materia de desarrollo.

- Los proyectos con mejor evaluación serán aquellos en los cuales los beneficios sean repartidos con la mayor equidad posible.

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, esta guía expresa que la participación del público es un apoyo a la decisión final del proyecto y contribuye a la convergencia de los puntos de vista de la opinión pública, las autoridades gubernamentales y de la industria en las prioridades ambientales y sobre las medidas de control de la contaminación del agua; el autor enmarca el análisis social a través de los siguientes criterios:

- Debe existir una participación social activa por medio de entrevistas, sesiones de información y audiencias, audiencias del panel de expertos y visitas de campo.
- El método debe tener en cuenta la localidad, la política existente, factores históricos, culturales y de otra índole.
- Los proyectos deben apuntar hacia la equidad social beneficiando en la posible a los más pobres.

3. Pérez (CIDIAT-2013). Notas del curso “Evaluación de proyectos”. El CIDIAT-ULA establece que para un análisis social se debe verificar y analizar:

- La economía de la región con todas sus actividades productivas como: agricultura, pesca, cría doméstica y transporte.
- Localización de los pobladores, para lo cual se propone la adición de un plano de la zona, en donde se ubiquen los pobladores y las actividades productivas (uso de la tierra), que se llevan a cabo en la zona.
- Se deben estimar los beneficios del proyecto.
- Se debe realizar un estudio de equidad para determinar qué grupo poblacional se ve beneficiado con el proyecto, teniendo en cuenta que las

mejores opciones son las que apuntan hacia una equidad progresiva y en segundo término a una de tipo equitativa.

En la Tabla 2.5 se presenta un resumen comparativo de las metodologías que se emplean en análisis financiero y económico.

Tabla 2.6. Resumen de los criterios para el análisis social.

Departamento de Desarrollo del Banco Mundial (2002). U.S.A.	Evaluación de diversidad social y género; instituciones, reglas y conductas; actores sociales; participación y riesgo social. Determinación de la equidad.
Helmer (1997). Inglaterra.	Realización de entrevistas, sesiones de información y audiencias, audiencias del panel de expertos y visitas de campo. Examinar la localidad, la política existente, factores históricos, culturales y de otra índole. Determinación de la equidad.
Pérez (CIDIAT-2013). Venezuela.	Describir la economía de la región. Localización de los pobladores. Estimación de los beneficios del proyecto. Estudio de equidad

Fuente: Elaboración propia.

2.4.5 Metodologías para la selección de tecnologías de tratamiento.

Para determinar la tecnología a ser usada en los proyectos de calidad ambiental específicamente los proyectos de tratamiento de aguas residuales, la gran mayoría de los proyectistas y autores se basan en el criterio financiero/económico netamente, es decir, seleccionan la tecnología en función de la rentabilidad del proyecto. A continuación se presentan algunos criterios definidos por autores para la selección de la tecnología:

1. Carlos Espinosa (CIDIAT-2013). El autor destaca que los sistemas de tratamiento de aguas residuales envuelven dos grandes niveles de decisión, a saber: Un primer nivel está relacionado con las restricciones impuestas por la caracterización y cuantificación del líquido residual y el cuerpo receptor. El

segundo nivel en la toma de decisiones involucra la selección y diseño de las unidades en la secuencia que pueden ser implementadas. Desagregando el primer nivel se pueden considerar tres (3) aspectos:

- Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad.
- Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado.
- Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto.

Estos tres aspectos tienen repercusión sobre todas las demás consideraciones involucradas en el proceso de selección de tecnología. De manera idéntica, se puede considerar como relevante en lo relativo al segundo nivel, lo siguiente:

- Tamaño de la comunidad y densidad de población.
- Localización geográfica.
- Aspectos climáticos.
- Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento.
- Costo de la energía.
- Otros parámetros y variables similares.

La metodología propuesta por este autor está extendida y explicada paso a paso en el Apéndice 2.1.

2. Helmer (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*, para seleccionar la tecnología el autor establece los siguientes principios:

- Eficiencia en el rendimiento de la tecnología para la remoción de contaminantes.
- Resistencia de la tecnología ante condiciones inusuales, es decir, debe soportar fluctuaciones altas y bajas de los efluentes como variaciones en la temperatura del mismo.
- Determinar la existencia de gerencia y mano de obra apropiada a la tecnología que será seleccionada, así como acceso a laboratorios y redes de investigación que permitan un mejor desenvolvimiento de la planta.

- Debe existir sostenibilidad financiera, es decir, se debe garantizar que los usuarios estén dispuestos a pagar por lo menos los costos de operación y mantenimiento.
 - Posibilidad de reuso para contribuir con la agricultura y piscicultura por ejemplo.
 - Que la planta cumpla con las regulaciones establecidas por las leyes.
3. Gobierno del Estado de Tabasco (2007). Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, llave en mano 1ra. etapa (zona sureste.) cd. de Villahermosa, esta planta presenta tres opciones para ser desarrollada: un sistema lagunar no mecanizado, un sistema lagunar semi-mecanizado y un sistema por lodos activados; para decidir cuál es la alternativa que usaran, utilizan los siguientes criterios:
- Espacio requerido.
 - Análisis económico y comparación de costos entre las alternativas.
 - Capacidad de remoción de contaminantes.

La Tabla 2.6 presenta el resumen de los criterios para la selección de tecnología.

Tabla 2.7. Resumen de los criterios para la selección de tecnología.

Carlos Espinosa (CIDIAT-2013). Venezuela.	Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad. Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado. Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto. Tamaño de la comunidad y densidad de población. Localización geográfica. Aspectos climáticos. Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento. Costo de la energía. Otros parámetros y variables similares.
Helmer (1997). Inglaterra.	Eficiencia en el rendimiento de la tecnología para la remoción de contaminantes. Resistencia de la tecnología ante condiciones inusuales. Determinar la existencia de gerencia y mano de obra apropiada. Debe existir sostenibilidad financiera.

Helmer (1997).	Posibilidad de reuso. Que la planta cumpla con las regulaciones establecidas por las leyes.
Gobierno del Estado de Tabasco. (2007)	Espacio requerido. Análisis económico y comparación de costos entre las alternativas. Capacidad de remoción de contaminantes.

Tabla 2.7 Continuación
Fuente: Elaboración propia.

2.4.6. Metodologías para toma de decisiones en función de la sostenibilidad del proyecto.

Aparte del criterio técnico se debe tomar en cuenta los criterios de los análisis anteriormente explicados, los cuales van a dar un índice de sostenibilidad de proyectos en función de sus parámetros, para ello es necesario una herramienta en la toma de decisiones que permita realizar una comparación y ponderación de las alternativas, a continuación se presentan algunos procedimientos usados para este fin:

1. Ghigliazza y Lupo (2013). *Expert choice* guía de uso para el alumno, esta guía ofrece la explicación de la utilización del programa y muestra las posibilidades de uso de la herramienta, estas son: Formulación de políticas, priorización de cartera de proyecto, gestión ambiental, análisis costo-beneficio, formulación de estrategias de mercado, toma de decisiones. La metodología para el uso de este programa consiste en:
 - Estructuración de un modelo de jerarquización.
 - Priorización de cada uno de los elementos del modelo.
 - Evaluación de los elementos ponderándolos.
 - Las alternativas se organizan en rankings en virtud del peso dado.
 - Elección de la mejor alternativa.
2. Roche (2005). Análisis multicriterio en la toma de decisiones. Este documento muestra dos metodologías para la toma de decisiones, una es el método del scoring (puntaje), cuyos pasos son:
 - Identificar la meta general del problema.

- Identificar las alternativas.
- Listar los criterios a emplear en la toma de decisión.
- Asignar una ponderación para cada uno de los criterios.
- Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
- Calcular el score para cada una de las alternativas.
- Ordenar las alternativas en función del score, la alternativa con el score más alto será la más adecuada.

La segunda metodología que explica es la del modelo analítico-jerárquico que ofrece el *Expert Choice* anteriormente reseñado. En la Tabla 2.7 se presenta el resumen de los criterios para anteriormente señalados.

Tabla 2.8. Resumen de los criterios para la selección de tecnología en base a la sostenibilidad.

Autores	Criterios
Ghigliazza y Lupo (2013). Argentina.	Estructuración de un modelo de jerarquización. Priorización de cada uno de los elementos del modelo. Evaluación de los elementos ponderándolos. Las alternativas se organizan en rankings en virtud del peso dado. Elección de la mejor alternativa.
Roche (2005). Uruguay.	Identificar la meta general del problema. Identificar las alternativas. Listar los criterios a emplear en la toma de decisión. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios. Calcular el score para cada una de las alternativas. Ordenar las alternativas en función del score. La alternativa con el score más alto será la más adecuada.

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Descripción de los tratamientos de aguas residuales.

2.5.1 Tratamiento de aguas residuales.

Los efluentes producidos por las actividades humanas, son tratados a través de procesos químicos, físicos y biológicos con el fin de eliminar patógenos, excesos de

materia orgánica, sólidos, nutrientes, metales pesados y compuestos tóxicos si los hubiese.

El objetivo básico del tratamiento de aguas, es proteger la salud y promover el bienestar de los miembros de la sociedad. En la formulación, planeamiento y diseño de un sistema de tratamiento se deben considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas y además de esto motivaciones ecológicas.

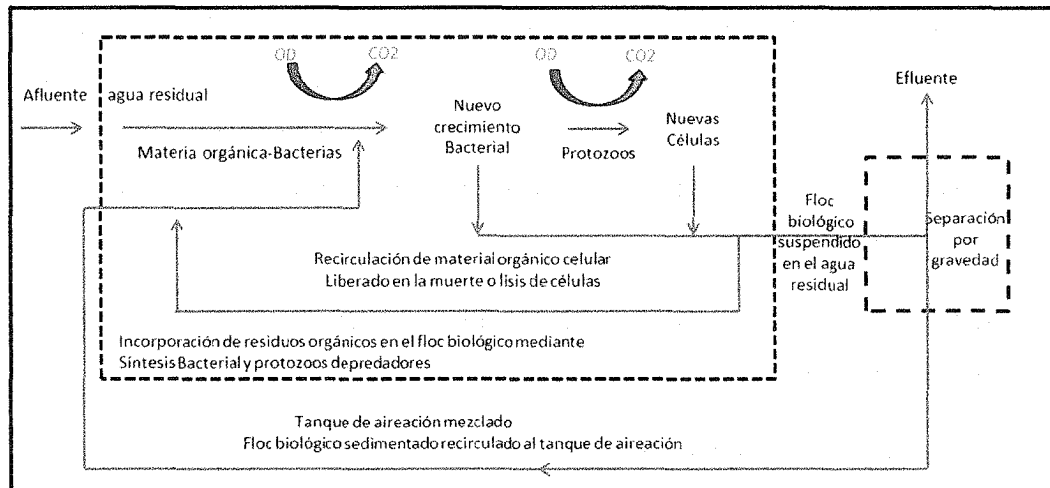
Dado esto, se pueden considerar como objetivos principales en los tratamientos de las aguas residuales de origen municipal, los siguientes:

- Remoción de DBO y DQO.
- Remoción de sólidos suspendidos.
- Remoción de patógenos.
- Remoción de nitrógeno y fósforo.
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como detergentes, fenoles y pesticidas.
- Remoción de trazas de metales pesados.
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

Existen diversos tipos de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales en el mundo, en este apartado se definirán únicamente las tecnologías que por sus características se aplican en Venezuela, ajustadas a la realidad ambiental y socioeconómica del país. Las tecnologías disponibles son:

- Lodos Activados: Esta tecnología consiste en una masa floculenta de microorganismos y agua residual; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, a la cual debe su nombre de activado. El resultado final es una porción de materia orgánica, susceptible de descomposición biológica, convertida en compuestos inorgánicos y el resto, transformada en lodo activo adicional (Romero 1999).

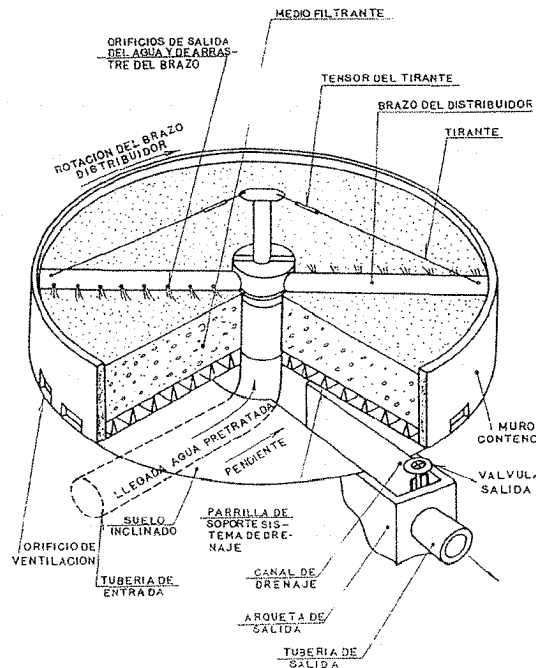
En la Figura 2.5 se puede apreciar el proceso de funcionamiento de los lodos activados.



Fuente: Romero (1999) con modificaciones del autor

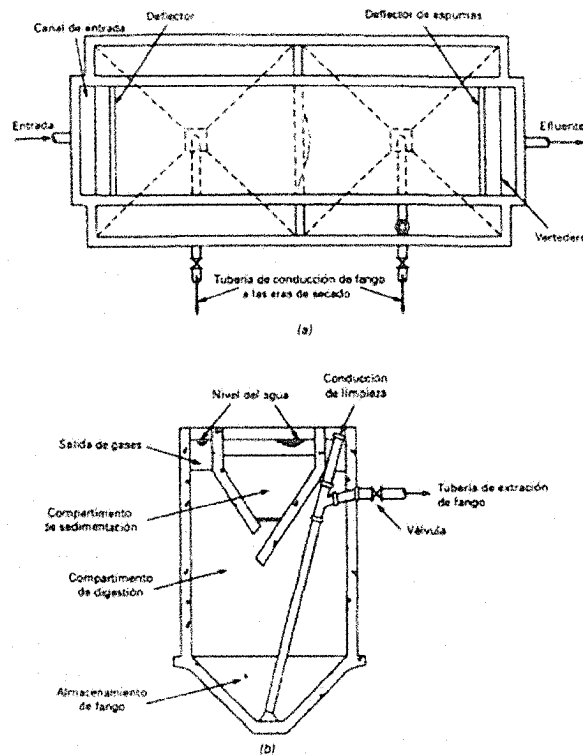
Figura 2.5. Esquema del proceso de lodos activados.

- **Filtros Percoladores:** Un filtro percolador tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en aguas residuales municipales. Consiste en un lecho de piedras, u otro medio natural o sintético de soporte, sobre el cual se aplican las aguas residuales, con el consecuente crecimiento de microorganismos en forma de biopelículas. El lecho entonces consiste en un medio altamente permeable, al cual se adhieren los microorganismos y a través del cual el residuo líquido se percola (Romero 1999). En la Figura 2.6 se presenta el esquema de un filtro percolador.
- **Reactores Anaerobios:** Son tanques que contienen cultivos microbiales que a través de un tratamiento biológico anaerobio remueven la materia orgánica de las aguas residuales. Los procesos de tratamiento anaerobio tienen aplicación principalmente en aguas residuales con alta concentración de materia orgánica, con DBO mayor de 1000 mg/l (Romero 1999). En la Figura 2.7 se muestra el esquema de un reactor anaerobio.



Fuente: Miliarium, ingeniería civil y medio ambiente. 2013.

Figura 2.6. Esquema de un filtro percolador

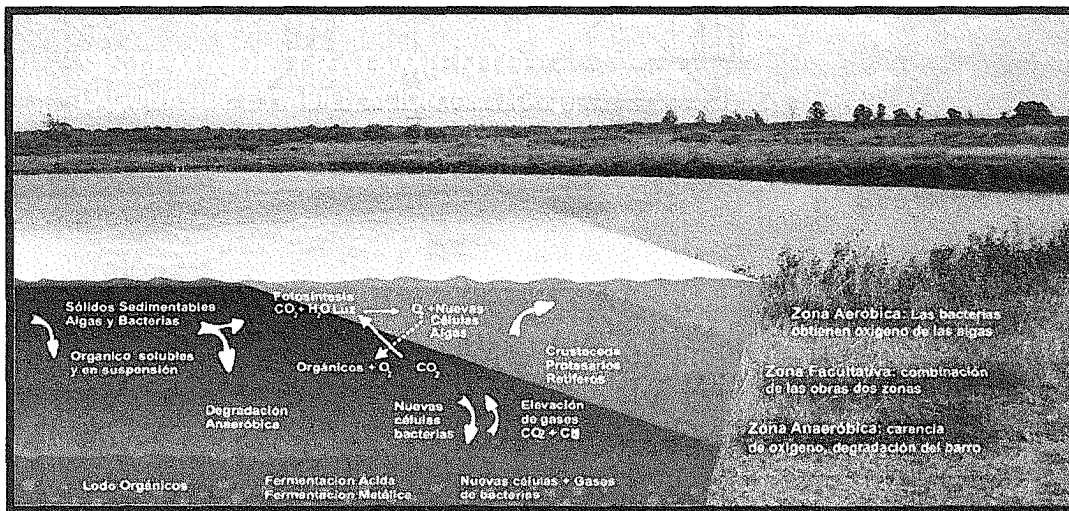


Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. 2013.

Figura 2.7 Esquema de un reactor anaerobio tipo IMHOFF.

- **Lagunas de Estabilización:** Las lagunas de estabilización son estanques de 2 a 5 metros de profundidad en donde se produce la decantación de los sólidos presentes en el agua residual. En el fondo de la laguna, tiene lugar la estabilización de la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, que primero transforman la materia orgánica en ácidos volátiles y posteriormente por la acción de las bacterias metanogénicas en dióxido de carbono, metano y en sólidos mineralizados (Sainz 2005). En la columna de agua se desarrollan procesos bioquímicos diversos (aerobios y anaerobios), que degradan y transforman compuestos solubles. Se pueden dividir de la siguiente manera:
 - Aerobias (< 1 m de profundidad).
 - Facultativas (1,5 m de profundidad)
 - Anaerobias (2,5 y 3 m de profundidad). No hay algas.

En la Figura 2.7 se muestran los procesos que se realizan en una laguna de estabilización facultativa.



Fuente: Agua de los Andes S.A. 2013.

Figura 2.8. Procesos en lagunas de estabilización.

2.5.2 Fases del tratamiento para la depuración de aguas residuales municipales.

Los procesos que abarcan las plantas de tratamiento, independientemente de cual sea la tecnología escogida, pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Tratamiento primario: Su objetivo: remover basuras, arenas, exceso de aceites y grasas, sólidos sedimentables, neutralizar pH, compensar flujos.
2. Tratamiento Secundario: Su objetivo: remover materia orgánica soluble.
3. Tratamiento Terciario: Su objetivo: pulir el efluente. Remover nutrientes (N y P), remover patógenos, remover metales pesados. Espinosa (2013).

2.6 Marco legal para los proyectos de aguas municipales en Venezuela.

Para la realización de cualquier proyecto relativo a plantas de tratamiento de aguas servidas municipales, es necesario ajustarlo a las leyes del país en el cual ha de ser realizado, en este caso a continuación se hará alusión a la legislación venezolana que priva para la ejecución de un proyecto de esta naturaleza.

- Artículos 127, 128 y 129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, los cuales establecen que: “Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la Ley”.
- El artículo 178 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela dice: “Son de la competencia del municipio, el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asigne esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés

social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas.” luego en su numeral 6 expresa: “Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios”.

- La Ley Orgánica del Ambiente, Título V, Capítulo III, en sus artículos 55: “La gestión integral del agua está orientada a asegurar su conservación, garantizando las condiciones de calidad, disponibilidad y cantidad en función de la sostenibilidad del ciclo hidrológico.” Artículo 56: “Para asegurar la sustentabilidad del ciclo hidrológico y de los elementos que intervienen en él; se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos.” Artículo 57: “Para la conservación de la calidad de las aguas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos: 1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a los que deba destinarse. 2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de agua, los recorridos de estas y su represamiento. 3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento. 4. El tratamiento de las aguas. 5. La protección integral de las cuencas hidrográficas. 6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua. 7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y su impacto sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.
- Ley de Aguas, que a lo largo de su articulado trata de la recuperación de las aguas, en el artículo 82 expresa: “Del Control. El uso de los cuerpos de agua continentales y marinos, como cuerpos receptores de efluentes líquidos está sujeto al cumplimiento de la normativa ambiental en la materia”
- Ley Orgánica para la prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, Artículo 1°. “La presente Ley tiene como objeto regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios

y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación. ”

- Normas sanitarias de calidad del agua potable. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 de fecha 13- 02-98. El objetivo de las “Normas sanitarias de calidad del agua potable” es establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento.
- Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883 de fecha 11-10-95. El objetivo de las “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” es establecer las normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos.

CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos que se plantearon en esta investigación, se realizó una metodología que consistió en cinco fases, las cuales se representan en la Figura 3.1 y se describen a continuación:

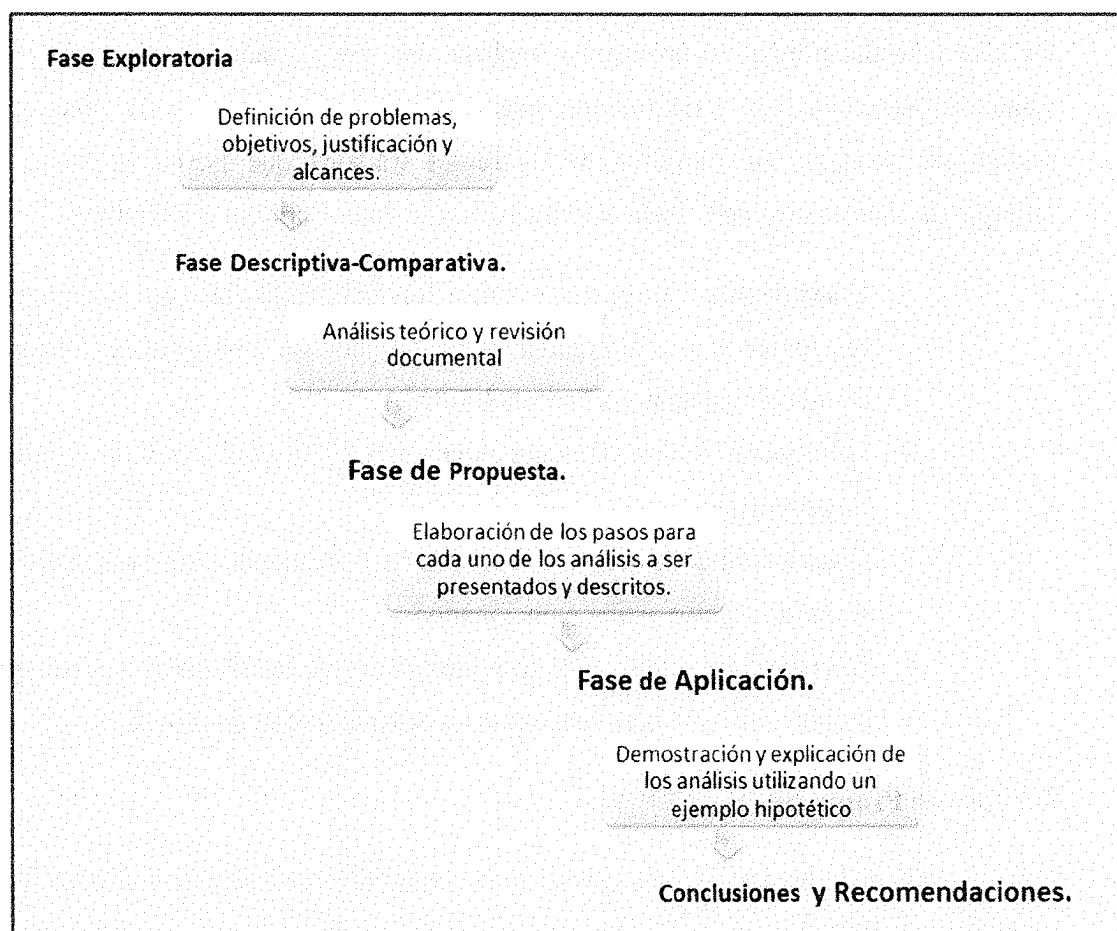


Figura 3.1. Esquema metodológico de la Investigación

3.1 Fase Exploratoria.

Esta fase fue realizada con la finalidad de conseguir la problemática relacionada con la sostenibilidad de los proyectos de tratamientos de efluentes domésticos, y establecer los objetivos e importancia de la investigación propuesta, para ello se determinaron:

1. El árbol de problemas.
2. Los objetivos.
3. La justificación.
4. Alcances del trabajo de grado.

Todos los aspectos anteriores se presentan en el Capítulo 1.

3.2 Fase Descriptiva-Comparativa.

En esta fase del trabajo se procedió a realizar una investigación documental para establecer los conceptos y definiciones técnicas que son requeridos, así mismo se realizó una revisión bibliográfica de diferentes trabajos que llevan implícito el enfoque de la sostenibilidad. Todo esto está descrito en el Capítulo 2 y conlleva:

1. Conceptualización y definiciones fundamentales relativas a las aguas residuales y su tratamiento, y de los análisis ambiental, financiero-económico, social y de sostenibilidad.
2. Descripción de los elementos técnicos para la realización de este tipo de proyectos.
3. Descripción de las leyes establecidas en Venezuela para la realización de los proyectos arriba mencionados.
4. Revisión bibliográfica de sostenibilidad y de los distintos análisis que deben realizarse para determinar la sostenibilidad de proyectos.

3.3 Fase de Propuesta.

En esta etapa de la investigación se presenta una serie de pasos para la elaboración de un análisis de sostenibilidad en proyectos de calidad ambiental, el caso particular de los efluentes domésticos, estos pasos están estructurados en una serie de análisis a realizarse los cuales están descritos en el Capítulo 4 y son:

1. Análisis ambiental.
2. Análisis financiero-económico.
3. Análisis social.
4. Análisis de sostenibilidad.

3.4 Fase de Aplicación.

Para ejemplificar cada uno de los pasos que la investigación propone, se presenta un caso de estudio que establece tres propuestas de tratamiento de aguas municipales al cual se le aplican dichos pasos, esto se describe en el Capítulo 4.

3.5 Conclusiones y Recomendaciones.

Es la fase final de la investigación, donde se sintetizaron los resultados más importantes obtenidos en el trabajo, dando a conocer, si se cumplieron o no los objetivos del mismo, además se incluyen una serie de recomendaciones, para investigaciones futuras con temas relacionados al del presente trabajo.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD.

De la revisión documental descrita en el Capítulo 2, se determinó que para realizar análisis de sostenibilidad de proyectos de calidad ambiental, específicamente sobre proyectos de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas, se debe ejecutar lo siguiente:

- Análisis ambiental.
- Análisis financiero-económico.
- Análisis social.
- Conjugación de los distintos análisis anteriores en un análisis de sostenibilidad.

Así mismo cada análisis involucra una serie de pasos, cuya propuesta también resulta de la revisión bibliográfica pertinente descrita en el Capítulo anteriormente mencionado.

4.1 Análisis Ambiental.

Los pasos a seguir son:

4.1.1 Descripción del Proyecto.

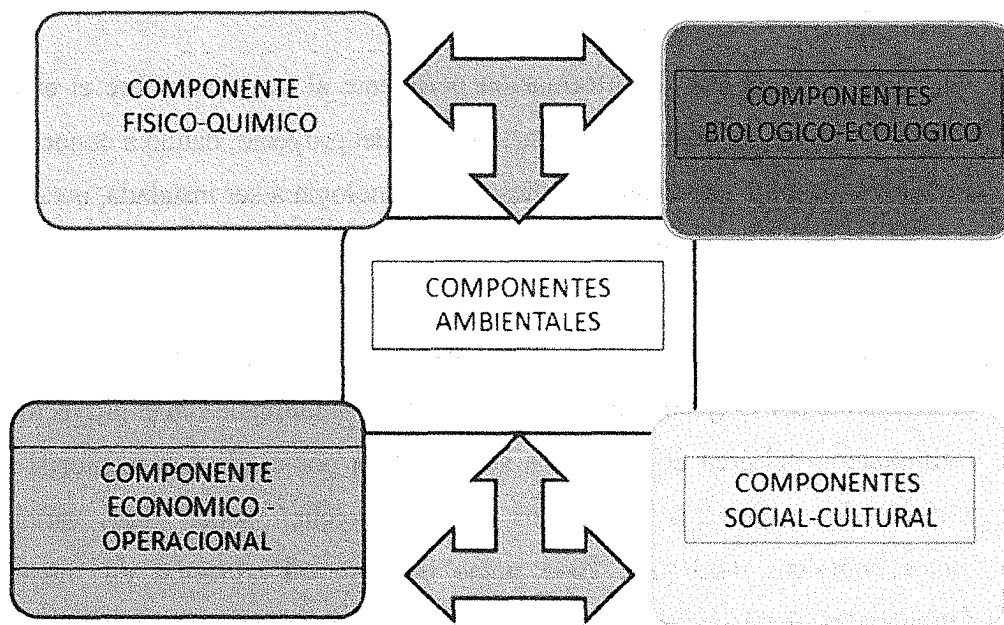
En este apartado se da toda la información pertinente al proyecto sobre el cual se harán los análisis. Se presentarán las características del proyecto, dando a conocer sus objetivos, lugar de emplazamiento, detalles de la tecnología a ser instalada, necesidad de maquinarias y equipos personales; esta información incluye como aspectos principales:

- Delimitación del área de influencia físico-natural: Superficie que será afectada directamente por la ejecución de las actividades contempladas en el proyecto.
- Delimitación del área de influencia social: Dada por el alcance territorial que tendrán los impactos derivados del proyecto, sobre las variables socioeconómicas. (Márquez, 2013 notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales). Estas áreas deben presentarse en mapas procesados en Proyección UTM, Datum Horizontal REGVEN (GRS80).

- Actividades y acciones capaces de degradar el ambiente para las fases de construcción y mantenimiento: Se presentan en forma de tabla con un resumen en el cual se describen cada una de las actividades y acciones que pueden causar un impacto al ambiente.
- Matriz insumo, procesos, productos: En esta matriz se cruzan los procesos que generan distintos productos para generar luego el balance de materiales.
- Balance de materiales: Se establece un balance de las materias primas y otros insumos para cada producto que ingresa a un proceso con los productos, subproductos y desperdicios, que en él se originan.
- Medidas endógenas: Son aquellas medidas que están implícitas en el proyecto con el fin de mitigar, controlar, evitar o compensar los posibles daños ambientales que se generen.

4.1.2 Caracterización ambiental.

Se refiere a la descripción de las variables o componentes ambientales a ser afectados directa o indirectamente por el proyecto. Esta reseña debe ejecutarse sobre la base de estudios recientes existentes o los resultados obtenidos en estudios de línea base, y debe contener los aspectos presentes en la Figura 4.1.



Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.
Figura 4.1 Aspectos a describir en una caracterización ambiental.

En la Tablas 4.1; 4.2; 4.3 se presenta un resumen de los aspectos relativos al componente físico-químico, componente biológico-ecológico y socio-económico respectivamente.

Tabla 4.1. Aspectos relativos al componente físico-químico.

Geología Histórica	Unidades Geomorfológicas	Propiedades físicas y químicas (pH, nutrientes, m.o., sales solubles)
Geología Regional	Procesos morfo genéticos	Capacidad agrológica (fertilidad, profundidad, pedregosidad, erodabilidad)
Estructuras	Análisis morfométrico y de pendiente (Zonas altas)	
Litología	Morfología litoral, estudios batimétricos, de procesos sedimentarios y transporte litoral (Áreas costeras)	
Condiciones sísmicas		
Condiciones Geotécnicas		
Depósitos minerales		
Precipitación (Relación IDF, tormentas y escurrimiento)	Delimitación de cuencas hidrográficas	Caracterización de las corrientes regionales y locales (dirección, velocidad y profundidad)
Evaporación y Evapotranspiración	Identificación de cuerpos de agua	Régimen de mareas
Temperatura	Registros fluviométricos	Régimen del oleaje local
Humedad	Gasto máximos, de estiaje y promedios	Régimen de tormentas
Radiación solar	Procesos de sedimentología.	
Índice Fitoclimático	Estudios limnológicos	
Velocidad y dirección de los vientos predominantes	Identificación y tipos de acuíferos (incluyendo distribución, rendimiento y características hidrogeológicas)	
Medición de las variables físico químicas y biológicas: Transparencia, turbiedad, sólidos (en todas sus formas), temperatura, oxígeno disuelto, DBO, DQO, pH,	Presencia de fuentes contaminantes (fijas y móviles) partículas sólidas en suspensión y de gases en atmósfera (CO2, CO, O3, SO2, NOx)	Identificación de fuentes generadoras de ruido, medición de nivel de presión, nivel de ruido continuo equivalente

Continuación Tabla 4.1. Aspectos relativos al componente físico-químico.

nutrientes, contaminantes, y microorganismos patógenos	Análisis de las características de los contaminantes.	Clasificación de los niveles de ruido (continuo, intermitente y ocasional)
--	---	--

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Tabla 4.2. Aspectos relativos al componente biológico-ecológico.

Identificación y cuantificación de unidades o comunidades de vegetación terrestre y acuática-	Identificación de poblaciones terrestres y acuáticas
Listado de: especies representativas, raras o amenazadas, endémicas o en vías de extinción	Identificación de refugios, hábitats, áreas de nidificación o cría de especies terrestres
Caracterización de la vegetación (descripción fisonómica, grado de intervención, valor protector y económico)	Identificación de áreas de apareamiento y de desove de fauna acuática-
	Migraciones de especies de importancia
	Identificación de especies con valor o interés comercial, deportivo, ornamental, ecológico
	Listado de especies raras o amenazadas, endémicas o en vías de extinción e indicadores de contaminación

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Tabla 4.3. Componente Socio- económico.

Densidad de población	Actividades económicas establecidas	Ocupación del territorio
Distribución urbano-rural	Distribución ocupacional	Organización espacial de los asentamientos humanos
Composición por edad y sexo	Volumen de producción actual	Jerarquización del sistema de centros poblados
Tendencia de crecimiento y migración	Mercados y actividades comerciales	
Grado de escolaridad		
Población económicamente activa		
Nivel de ingresos		

Continuación Tabla 4.3. Componente Socio- económico.

Uso actual y potencial de la tierra y de los recursos naturales	Descripción y localización de servicios comunitarios (indicando poblaciones beneficiadas)	Caracterización del paisaje natural y modificado
Incluyendo información sobre el régimen legal	Indicar proyectos, planes y programas destinados a ampliarlos o mejorarlos	
Costumbres o tradiciones del área	Grupos Sociales	
Festividades cívicas o religiosas	Relaciones inter e intergrupales	
Características históricas, arqueológicas, paleontológicas, antropológicas o arquitectónicas	Organismos Públicos / Privados	
	Línea de Pobreza	

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

4.1.3 Identificación de impactos.

Cada tecnología de sistemas de tratamiento posee características particulares, requiere espacios distintos y está diseñada para un número de pobladores específicos, por lo tanto presentarán diferencias en los impactos potenciales en cada etapa de su desarrollo. Para la identificación de los impactos se requiere conocer los componentes, las actividades y las acciones que se llevan a cabo en cada etapa del proyecto, puesto que cada una de las acciones pueden generar un potencial impacto. La forma en que esta identificación se realiza es en base a matrices en las cuales en primera instancia se cruzan componentes versus actividades, seguidamente actividades vs acciones y se finaliza con la matriz de acciones e impactos potenciales. En el Apéndice 4.1 se presentan resúmenes de lo anteriormente mencionando para las tecnologías laguna de estabilización y filtros percoladores. En la Tabla 4.4, se presenta una matriz de componente vs actividades para una planta de tratamiento por

lodos activados en su etapa de operación y mantenimiento, de la cual se obtienen las principales actividades que esta planta llevara a cabo.

Tabla 4.4. Matriz componente vs actividades etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Ajuste de la tasa de aire	Limpieza y revisión de los difusores.	Chequeo de PH	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	Control de efluentes
Sedimentador primario	-----	X	X	X		X
Tanque de aireación	X	-----	-----	----	----	----
Sedimentador secundario	-----	X	X	X	----	X
Sistema de tratamiento y disposición de lodos	-----	X	X	----	X	X

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.5 se presentan la matriz actividades vs acciones con la cual se obtienen las acciones que cada actividad deberá realizar.

Tabla 4.5. Matriz actividades vs acciones etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Contratación de mano de obra de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos y repuestos	Uso de químicos	Disp. de desechos	Disp. de lodos y efluentes
Ajuste de la tasa de aire	X	X	X	----	X	----

Etapa de operación y mantenimiento						
Acciones						
Actividades	Contratación de mano de obra de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos y repuestos	Uso de químicos	Disp. de desechos	Disp. de lodos y efluentes
Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	X	X	X	X	X	X
Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	X	X	X	X	X	X
Control de efluentes	X	X	X	X	X	X
Limpieza y revisión de los difusores	X	X	X	X	X	X
Chequeo de PH	X	X	X	X	X	X

Tabla 4.5 Continuación
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.6 muestra la matriz acciones vs componentes ambientales en ella se presentan los distintos componentes que son afectados y se identifican los impactos ambientales.

Tabla 4.6. Matriz acciones vs componentes ambientales etapa de operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento por lodos activados.

	Componente Físico - Químico	Componente Biológico-Ecológico	
	Agua	Fauna	Flora
ACCIONES			
Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	----	----	----
Transporte de equipos y repuestos	----	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Transporte de personal	----	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	----

	Componente Físico - Químico	Componente Biológico-Ecológico	
ACCIONES	Agua	Fauna	Flora
Disposición de desechos	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Disposición de lodos y efluentes	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas
Uso de químicos	Alteración en la calidad de las aguas por efluentes	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Contaminación y muerte de especies acuáticas

	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
ACCIONES	Valores estéticos y paisajísticos.	Aspectos económicos
Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	---	Generación de empleo
Transporte de equipos y repuestos	Alteración de la estética del paisaje	---
Transporte de personal	Alteración de la estética del paisaje	---
Uso de químicos	Alteración de la estética del paisaje	---
Disposición de desechos	Alteración de la estética del paisaje	---
Disposición de lodos y efluentes	Alteración de la estética del paisaje	---

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Selección de impactos.

Para la selección se utiliza la metodología propuesta por el profesor Pérez. En el curso de evaluación de impactos ambientales (CIDIAT 2014), en la que se seleccionan los impactos utilizando una serie de características que ellos poseen, estas son: naturaleza, efecto, momento, periodicidad y recuperabilidad. A continuación se desglosa el procedimiento para la selección, describiendo los criterios, su cuantificación y la forma de selección de los impactos:

- Naturaleza: Define el signo del impacto. Positivo para impacto beneficioso o negativo para perjudicial.
- Efecto: Se refiere a la relación causa efecto. Es decir acción y cambio en el parámetro ambiental. Si es directa, entonces el efecto es primario, es secundario si el impacto se genera como consecuencia de un impacto primario. En la Tabla 4.7 se presenta el valor del efecto.

Tabla 4.7. Valores del Efecto

Indirecta o secundaria	1
Directa o primaria	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

- Momento: Es definido como el tiempo que ocurre entre la aparición de la acción (t_0) y la aparición del impacto (t_j) sobre el parámetro ambiental considerado. El momento será:

$$T(m)=t(j)-t(0)$$

Ecuación 4.1.

En la Tabla 4.8 se presentan los valores del momento.

Tabla 4.8 Valores del momento.

t(m)=0 Inmediato	4
t(m)<1 año Corto plazo	3
t(m) entre 1 a <10 años Mediano plazo	2
t(m)>10 años largo plazo	1
Crítico*	+1 a +4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

*Se refiere a que a cualquiera de los demás valores se les debe sumar 1 a 4 puntos si el plazo de manifestación es crítico. Por ejemplo, ruido por la noche en las cercanías de un centro hospitalario, se le debe sumar 1 a 4 puntos al valor de inmediato. Otro ejemplo es la previsible aparición de una plaga antes de una cosecha. La manifestación es de mediano plazo. Se le debe sumar 1 a 4 puntos por ser crítica la manifestación.

•Periodicidad: Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que los producen están constantes en el tiempo) o discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular pero no constantes en el tiempo). La periodicidad discontinua puede ser periódica, cíclica o intermitente cuando los plazos de manifestación son regulares y con una cadena establecida; la periodicidad puede ser aperiódica o irregular cuando la manifestación discontinua del impacto se repite de una manera irregular en el tiempo. En la Tabla 4.9 se presentan los valores de periodicidad.

Tabla 4.9. Valores de periodicidad.

Irregular (aperiódico y esporádico)	1
Periódico o de regularidad intermitente	2
Continuo	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

- **Recuperabilidad:** Atiende a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del parámetro ambiental afectado por una acción. Es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de intervención humana, o sea mediante la introducción de medidas correctoras o restauradoras. En la Tabla 4.13 se presentan los valores de Recuperabilidad.

Tabla 4.10. Valores de Recuperabilidad.

Intervalo de tiempo de recuperación (t)	Valor
t=0 inmediato	1
t<1 año corto plazo	2
1<t<10 años medio plazo	3
10<t<15 años largo plazo	4
t>15 años recuperable/irrecuperable	4
T>>15 años irrecuperable	8
Mitigable/compensable/sustitutorio/contraprestación	4

Fuente: CIDIAT 2014. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

A continuación se enumeran los pasos para calcular el valor del impacto ambiental potencial a seleccionar (VIAPS).

- Determinar la naturaleza de cada uno de los impactos identificados.
- Determinar los valores de los atributos Efecto, Momento, Periodicidad y Recuperabilidad de cada uno de los impactos identificados.
- Calcular el VIAPS realizando la suma de los valores de los atributos.
- Se normaliza el VIAPS, para ello se debe:
 - Estimar el mínimo VIAPS sumando los valores mínimos que tienen cada uno de los atributos.
 - Estimar el máximo VIAPS sumando los valores máximos que tienen cada uno de los atributos.
 - Calcular el VIAPS normalizado como:

$$+-(VIAPS \text{ calculado}-VIAPS \text{ mínimo}) / (VIAPS \text{ máximo}-VIAPS \text{ mínimo})$$

Ecuación 4.2.

4.1.5 Descripción del impacto ambiental.

Se debe describir el impacto ambiental considerando los siguientes elementos: Código, Nombre del impacto, tipo de impacto (primario o secundario), impactos asociados, indicador a ser usado, el componente o medio a ser afectado, actividades capaces de generar el impacto y si se tiene previsto alguna medida de control. La Figura 4.2 muestra la planilla usada para selección de impactos.

Nombre del Impacto		Código del Impacto
Tipo de Impacto:	Indicador	
Impactos asociados:		
Componente y media a afectar:		
Actividades capaces de generar el Impacto		
Etapa	Actividad	
Descripción del Impacto:		
Medida Endógena:		

Fuente: CIDIAT 2013. Notas del curso Evaluación de Impactos Ambientales.

Figura 4.2 Planilla para descripción de impactos ambientales.

4.1.6 Evaluación del impacto ambiental.

En este caso, se considera la aplicación de la matriz de evaluación rápida de impactos, conocida como RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix). La matriz rápida de evaluación del impacto (RIAM) es una herramienta que permite organizar, analizar y presentar los resultados de una evaluación del impacto ambiental global, para una o varias opciones de proyecto. En esta metodología los impactos sobre el medio son evaluados según el componente a afectar, como se muestra en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Componentes Ambientales de la matriz RIAM

COMPONENTE AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABLE AMBIENTAL
Físico-Químico (PC)	Engloba todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales finitos (no biológicos, por ejemplo, contaminación, erosión, calidad del agua, aire y suelo). Se usa el color verde para identificarlos.
Biológico-Ecológico (BE)	Incluye los aspectos biológicos del ambiente, tales como: recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies y contaminación de la biósfera (flora, fauna, vectores de enfermedades, biodiversidad). Se identifican en color rojo.
Socio-Cultural (SC)	Contempla los aspectos humanos del ambiente, incluyendo tópicos sociales que afectan a los individuos y a las comunidades, junto con los aspectos culturales como la conservación del patrimonio cultural y el desarrollo humano. Por ejemplo, la demanda de agua, la pérdida de vivienda, el empleo, la inmigración o emigración. Se representan en color gris.
Económico-Operacional (EO)	Incluye los aspectos para identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio ambiental, temporal y permanente. También contempla la complejidad del manejo del Proyecto dentro del contexto de sus actividades, por ejemplo: Pérdida de cosechas, pesca, turismo, costo de operación y mantenimiento, entre otros. Se representan en color azul.

Fuente: Pastakia (1998).

El RIAM usa cinco criterios de evaluación los cuales están divididos en dos grupos A y B.

- En el grupo A se definen dos criterios, el primero corresponde a la importancia de la situación (A1) y el segundo a la magnitud del cambio o el efecto (A2).
- En el grupo B se consideran tres criterios que son: la Permanencia (B1), la Reversibilidad (B2) y la acumulación o sinergia (B3).

Para la evaluación de estos criterios la metodología RIAM se muestra los rangos de valores presentados en la Tabla 4.12 para el grupo A y en la Tabla 4.13 para el grupo B.

Tabla 4.12. Criterios del grupo A de la matriz RIAM

GRUPO	CRITERIO	SIGNIFICADO Y ESCALA DE VALORES
GRUPO A	Importancia de la condición A ₁	Define la importancia de la condición del impacto, la cual se evalúa en función de los límites espaciales o de los intereses humanos a ser afectados, calificada como "no importante" hasta "importante" para los intereses nacionales o internacionales. Es una valoración cualitativa por consenso, independiente de los otros criterios, que puede ser importante a pesar de que su magnitud sea mínima. Escala de valores 4 = De importancia Nacional / Interés Internacional 3 = De importancia Regional / Interés Nacional 2 = Importante para áreas inmediatas fuera de las condiciones locales 1 = Importante solo para la condición local 0 = Sin Importancia
GRUPO A	Magnitud del cambio o efecto A ₂	Este criterio mide la escala o intensidad del impacto en función de su beneficio o no beneficio. Por ejemplo: "no beneficio o cambio mayor", "no cambio o status quo", "beneficio positivo mayor". Mientras mayor sea la intensidad del impacto, mayor será la valoración de su magnitud. Escala de valores +3 = Mayor Beneficio Positivo +2 = Mejora significativa del status quo +1 = Mejora en el status quo 0 = Sin cambios -1 = Cambio negativo del status quo -2 = Desmejora o Cambio negativo significativo -3 = Desmejora o Cambio Mayor

Fuente: Pastakia (1998).

Tabla 4.13. Criterios del grupo B de la matriz RIAM

GRUPO	CRITERIO	SIGNIFICADO Y ESCALA DE VALORES
GRUPO B	Permanencia B1	Es el tiempo de exposición del impacto, que puede ser temporal o permanente. Entre mayor sea la permanencia, mayor será la valoración de este criterio. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = Temporal 3 = Permanente
GRUPO B	Reversibilidad B2	Es una medida de control sobre el efecto del impacto y define si éste puede ser cambiado; no debe confundirse con "Permanencia". Por ejemplo: Un derrame accidental de un tóxico sobre un río es una condición temporal (B1), pero su efecto (muerte de peces) es irreversible (B2). El criterio Reversible aplica si al eliminar la causa desaparece el impacto, mientras que es Irreversible cuando el impacto persiste a pesar que se eliminó la acción generadora. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = Reversible 3 = Irreversible
	Acumulativo B3	Mide si el efecto del impacto es único o si existen efectos acumulativos en el tiempo. El criterio Acumulativo es un medio para juzgar la sostenibilidad de la condición y no debe confundirse con una situación permanente o irreversible. Mientras mayor sea la acumulación, se pueden desencadenar otros impactos de manera sinérgica. Escala de valores 1 = Sin cambios / No aplica 2 = No Acumulativo / Simple 3 = Acumulativo / Sinérgico

Fuente: Pastakia (1998)

Para determinar el puntaje (score) ambiental el método emplea las ecuaciones de la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Ecuaciones de la matriz RIAM

$A1 \times A2 = AT$	Ecuación 4.3
$B1 + B2 + B3 = BT$	Ecuación 4.4
$AT \times BT = ES$	Ecuación 4.5

Fuente: Pastakia (1998).

Dónde:

$A1$ y $A2$ son los puntajes de los criterios individuales del Grupo "A".

$B1$, $B2$ y $B3$ son los puntajes de los criterios individuales del Grupo "B".

AT es el resultado de la multiplicación de los puntajes del Grupo "A".

BT es el resultado de la suma de los puntajes del Grupo "B".

ES es el puntaje general de la evaluación del componente ambiental.

Este método jerarquiza los posibles impactos de las acciones sobre las variables ambientales en 11 categorías: Neutro (N), una escala de 5 grados de impacto beneficioso (+A $\rightarrow$ +E) y una escala de 5 grados de impacto adverso (-A $\rightarrow$ -E). En la Tabla 4.15, se detalla esta información.

Tabla 4.15. Rangos según puntaje (ES) para jerarquizar los impactos en el RIAM.

PUNTAJE (ES)	RANGO	INTERPRETACIÓN
+72 a +108	+E	Cambio/Impactos positivos mayores
+36 a +71	+D	Cambio/Impactos positivos significativos
+19 a +35	+C	Cambio/Impactos positivos moderados
+10 a +18	+B	Cambio/Impacto positivo
+1 a +9	+A	Cambio/Impacto ligeramente positivo
0	N	Sin Cambios o importancia
-1 a -9	-A	Cambio/Impacto ligeramente negativo
-10 a -18	-B	Cambios/Impacto negativo
-19 a -35	-C	Cambio/Impactos negativos moderados
-36 a -71	-D	Cambio/Impactos negativos significativos
-72 a -108	-E	Cambios/Impactos negativos mayores

Fuente: Pastakia (1998).

Luego de utilizar el programa RIAM, se obtienen los resultados y se presentan junto con las observaciones que sean necesarias. El criterio a ser utilizado para determinar la sostenibilidad desde este punto de vista es el puntaje ambiental.

4.2 Análisis Financiero-Económico

Existen diferencias entre una evaluación financiera y una evaluación económica, la Tabla 4.16 presentan tales diferencias.

Tabla 4.16. Diferencias entre el análisis financiero y el análisis económico.

Tópico	Eval. Financiera	Eval. Económica
Punto de vista	Privado	Sociedad
Precios	Mercado	Económicos, sombra, de cuenta.
Tasa de descuento	Mercado	Social, económica
Gastos de transferencia	Incluye pago de deuda, impuestos, subsidios	No los incluye
Indicador de rentabilidad	VAN, TIR, CAE	VAN, TIR, CAE

Fuente: CIDIAT (2013). Notas del curso Evaluación de Proyectos.

La evaluación financiera va dirigida expresamente hacia el sector inversionista privado mientras que la evaluación económica va dirigida hacia la sociedad ya que el que invierte es el Estado; los precios que se utilizan en la evaluación financiera son los precios establecidos por el mercado y los precios económicos dependen de la relación precio cuenta o precios de sombra; en cuanto a los impuestos desde el punto de vista financiero se toman en cuenta ya que deben ser pagados en las evaluaciones económicas no se toman en cuenta ya que el Estado no paga impuestos. En este trabajo de investigación se utilizarán como indicadores para la sostenibilidad del proyecto el costo anual equivalente CAE para el análisis financiero y un análisis costo-beneficio para el análisis económico.

Los pasos para la realización del el análisis financiero son:

1. Se obtienen los costos con los datos de inversión, costos por operación y mantenimiento, costos de las medidas ambientales y costos administrativos, en bolívares o en la moneda correspondiente al lugar del proyecto.
2. Se calcula el valor presente de los costos (VPC) el cual permite evaluar alternativas de igual vida útil, se define de la siguiente manera:

$$VPC = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Dónde:

C_t = Costos incurridos durante el período t.

i = Tasa de descuento.

t= vida útil.

n= Horizonte de evaluación.

3. El VPC permite comparar alternativas de proyecto de igual vida útil y la mejor alternativa desde el punto de vista técnico financiero es aquella con menor VPC.
4. En función del VPC se calcula el Costo Anual Equivalente (CAE). El CAE es un término utilizado para describir la cantidad de dinero similar por año de los costos de un proyecto durante la vida útil del mismo y permite comparar alternativas con distinta vida útil. Se calcula así:

$$CAE = VPC \times FRC \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Dónde:

VPC=valor presente de los costos.

FRC= Factor de recuperación del capital. Esta se calcula de la siguiente manera:

$$FRC = \frac{\left\{ \left[(1+i)^n \right] \times i \right\}}{\left\{ \left[(1+i)^n \right] - 1 \right\}} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Para el análisis económico:

1. Una vez realizado el análisis financiero se procede a ejecutar el análisis económico. Como ya se tienen los costos estos deben llevarse a precios económicos. Dado que en Venezuela no existe una relación precio cuenta, se pueden usar la relación precio cuenta de otro país asumiendo que son iguales y de esta manera obtener dichos precios para proceder luego a realizar los cálculos de VPC y CAE. La ecuación para transformar los precios financieros a precios económicos es la siguiente:

$$PE=PF * RPC \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde:

PE=Precio económico.

PM= Precio financiero.

RPC= Relación precio cuenta.

2. Para obtener los beneficios de estos proyectos de aguas servidas se puede usar el método recomendado en este trabajo de investigación es el método de valoración contingente. El método consiste en consultar los cambios en el bienestar de las personas ante un cambio en bienes o servicios ambientales. La valoración contingente debe realizarse por medio de encuestas en la zona que se verá beneficiada o afectada por el proyecto. Los pasos para la realización de una valoración contingente se enumeran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Pasos en la valoración contingente.

	Definir con precisión lo que se desea valorar en unidades monetarias.
	Definir la población relevante.
	Concretar los elementos de simulación del mercado.
	Decidir la modalidad de entrevista.
	Seleccionar la muestra.
	Redactar el cuestionario.

Continuación Tabla 4.17. Pasos en la valoración contingente.

	Realizar las entrevistas.
	Explotar estadísticamente las respuestas.
	Presentar e interpretar los resultados.

Fuente: Riera (1994) con modificaciones del autor.

3. Después de obtener los beneficios de la valoración contingente, y los costos anuales equivalentes, se efectúa un análisis costo-beneficio con los datos obtenidos anteriormente para el análisis económico. El análisis costo-beneficio consiste en realizar una comparación entre los gastos que generan los costos y los beneficios del proyecto así se determina si existe ganancias o pérdidas en la ejecución del proyecto, comparando entre las distintas alternativas que se tienen, cuál aporta mayores beneficios en términos monetarios.

4.3 Análisis Social.

Los proyectos de aguas residuales por sus características particulares (en lo referente a ubicación) hacen que sea un tanto difícil ejecutar un análisis social de equidad, puesto que al definir un espacio para la obra es evidente que la población aledaña independientemente de sus recursos económicos se verá beneficiada por la planta de tratamiento. Sin embargo, si existen varias ubicaciones posibles, el análisis permite determinar cuál es el lugar más propicio en función de conseguir una equidad progresiva. Se propone la siguiente metodología para la realización de este análisis para cada alternativa de proyecto:

1. Se deben buscar los datos del último censo, de las poblaciones que se verán afectadas por el proyecto.
2. Se investigan los diferentes estratos económicos de las poblaciones y se clasifican según los diferentes salarios que puedan tener.
3. Se calcula el beneficio anual neto equivalente del proyecto, el cual corresponde a la diferencia entre el beneficio anual y el costo anual equivalente del análisis económico.

4. Se divide el valor de los ingresos familiares, entre el beneficio anual neto equivalente, el resultado que se obtiene se multiplica por cien para mostrarlo en porcentajes.
5. Si el porcentaje aumenta en dirección de los menores salarios se tendrá una equidad progresiva, si aumenta en dirección de los salarios más altos se tendrá una equidad regresiva y por último, si los porcentajes son iguales se tendrá una equidad de tipo equitativa.

El criterio a ser usado bajo la óptica de la sostenibilidad será que los proyectos con equidad progresiva son los más aptos, seguidos por los proyectos con equidad de tipo equitativa.

4.1.4 Análisis de Sostenibilidad

Se realizó una investigación documental acerca de los distintos procedimientos y herramientas para la toma de decisiones que permitan ejecutar el análisis de sostenibilidad. Con base en esto se ejecutó una investigación sobre programas que permitan la integración de diferentes criterios, para determinar precisamente la sostenibilidad de un proyecto del tipo que la investigación plantea. Este análisis es la evaluación del proyecto dadas todas las variables como lo son ambiental, financiera, económica y social, estas variables se procesarán en un software conocido como *Expert Choice* (decisión de experto) el cual es una herramienta que permite un enfoque multicriterio jerárquico de toma de decisiones, que bajo la óptica de varios profesionales determinará si una alternativa de proyecto es sostenible o no.

Los pasos para usar *expert choice* se explican a continuación y se presentan en las figuras 4.3 y 4.4.

- Se inicia el programa y se crea un nuevo modelo directo.
- Aparece una ventana para introducir la meta que se desea.
- Se hace clic con el botón secundario sobre la meta y se escoge insertar objetivo
- Se colocan los análisis a ser comparados.
- Se escriben cada una de las alternativas a comparar.
- Se da clic sobre la meta y luego se selecciona el botón comparación por pares con la finalidad de establecer la ponderación entre los diferentes análisis es decir cuál es más importante según el criterio de cada profesional.

- Se procede a realizar la comparación por pares.
- Ahora se seleccionan cada uno de los análisis, igualmente se marca el botón comparación por pares y se ponderan las opciones de proyecto.
- Este procedimiento se realiza con cada profesional entrevista para cada uno de los análisis.
- Para ver los resultados se selecciona la tecla ver gráfica de la comparación por pares.
- Al seleccionar esa tecla se botón se verán los resultados.

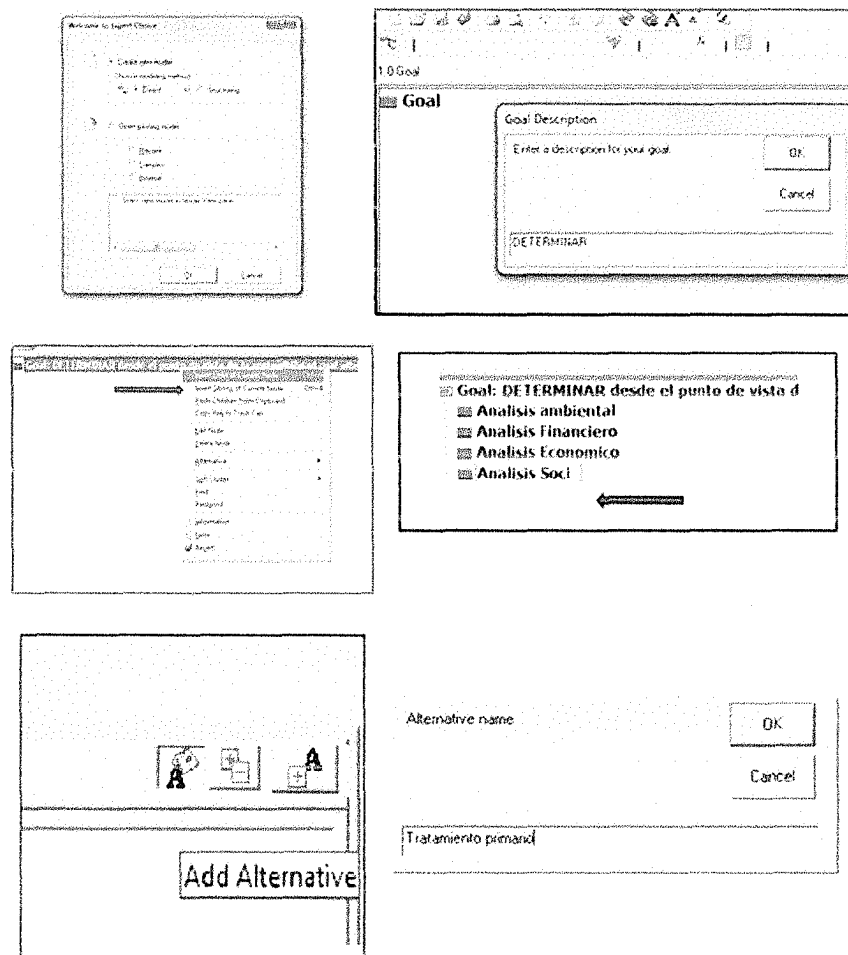


Figura 4.3.Inicio del expert choice.

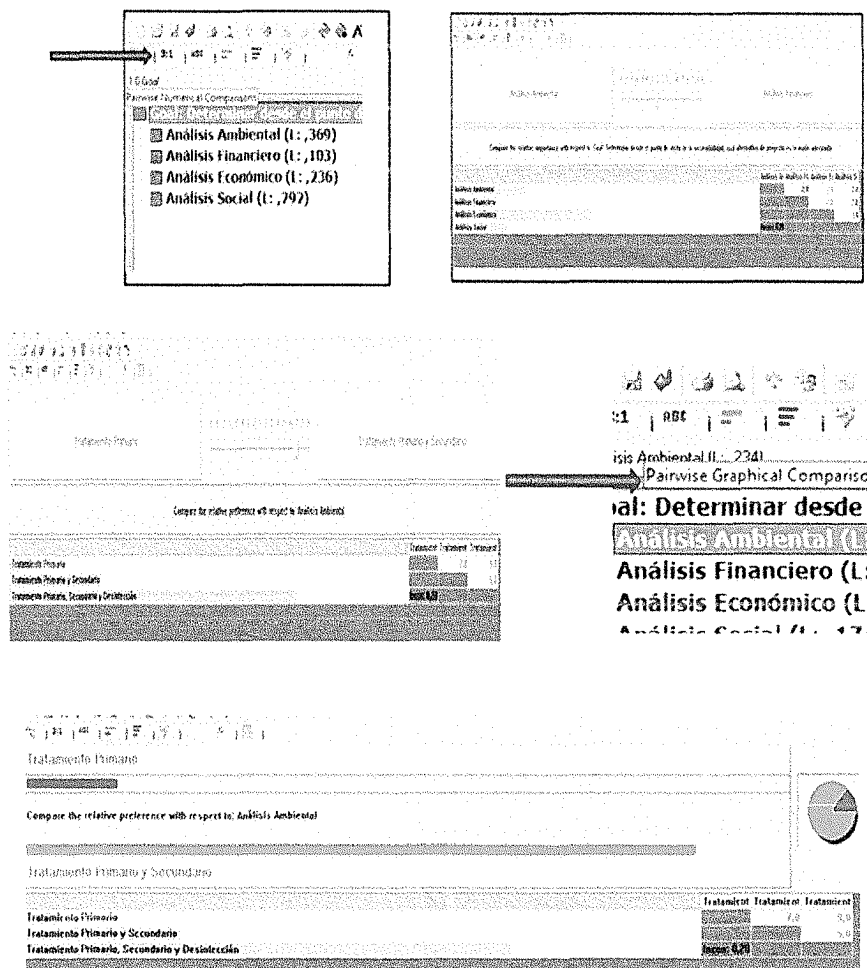


Figura 4.4.Cálculo con expert choice.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA A UN CASO DE ESTUDIO.

En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de los diferentes tipos de análisis efectuados con sus referencias particulares y sus indicadores de sostenibilidad.

Tabla 5.1.Resumen de los análisis evaluados.

Ambiental	Puntaje Ambiental	Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre"	Impactos ambientales obtenidos de la matriz acciones vs componentes ambientales, caracterización ambiental
Financiero	Costo anual equivalente	Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino"	Costos de inversión y operación y mantenimiento
Económico	Relación costo/beneficio	Análisis financiero, relación precio cuenta de Colombia, datos poblacionales de las localidades beneficiadas por el proyecto	Costos calculados en el análisis financiero, sueldos promedios de los habitantes, número de habitantes
Social	Equidad	Datos de las poblaciones de Engativá y Fontibón	Salarios, número de habitantes

Fuente: Elaboración propia.

En el presente Capítulo serán ejemplificados los pasos propuestos en el caso de estudio tomado de la Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre" realizada por Bermúdez (1999), tomando en cuenta los datos del agua cruda que ingresa a dicha planta; también se utilizó valores del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino" y los datos poblacionales de las localidades que se ven beneficiadas por

el proyecto. Cabe destacar que el objeto de este trabajo de investigación no es ahondar en los análisis, sino simplemente dar a conocer la metodología propuesta.

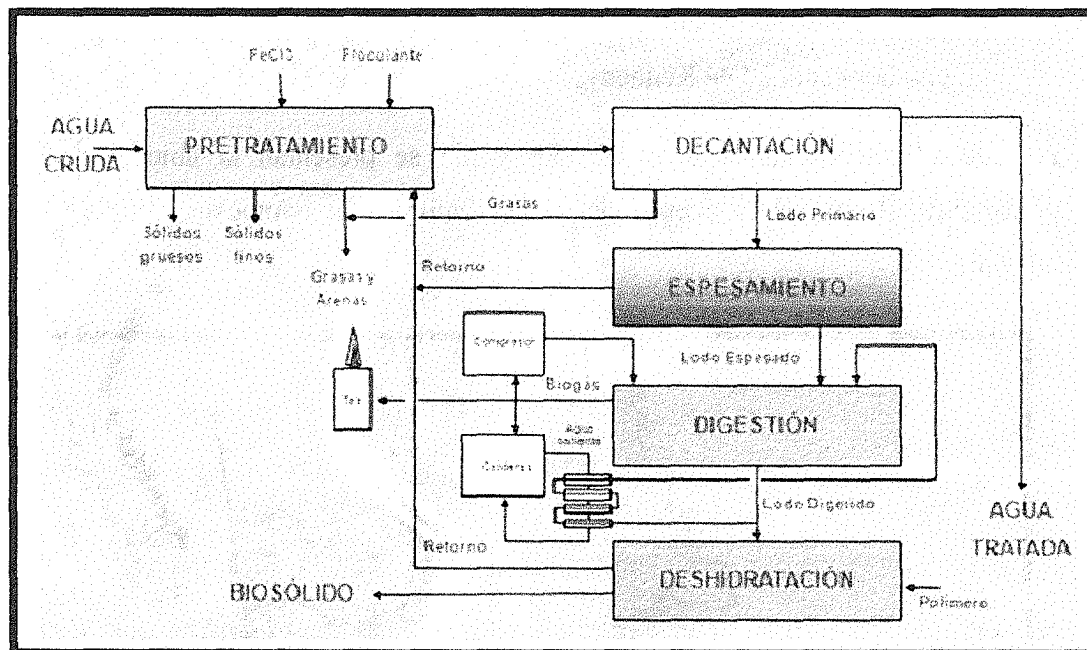
5.1 Análisis Ambiental.

5.1.1 Breve descripción del proyecto.

Se desea construir una planta de tratamiento primario y secundario para el río Salitre, esta planta presenta tres posibilidades de desarrollo: la primera es un tratamiento primario con el que desaparecerán los olores fétidos y los sólidos flotantes desagradables que se presentan en la actualidad. No obstante, este tratamiento hará que el agua tenga un olor característico, que se describe como “*musty*” (rancio, mohoso, añejo); la segunda opción abarca el tratamiento primario y un tratamiento secundario con el que desaparecerá todo tipo de olor y el río recuperará su color natural y finalmente la tercera opción ofrece aparte de las anteriores un proceso de desinfección en el tratamiento secundario que reducirá drásticamente la población de agentes patógenos dentro del río. Cada opción podría generar ciertos beneficios, tales como:

- La primera opción, eliminación de los malos olores generados por el agua contaminada, genera el beneficio de poder caminar y jugar por las orillas del río una vez que el agua sea descontaminada. Este será el nivel de calidad A.
- La segunda opción, genera un mejoramiento estético del río. Este será el nivel de calidad B.
- La tercera opción, genera la disminución en los riesgos a la salud, asociados a una menor presencia de agentes patógenos en el río y con miras a poder navegar por este. Este será el nivel de calidad C.

La planta de tratamiento (PTAR) el Salitre contempla un tratamiento primario adaptado y químicamente asistido, que cuenta en sus instalaciones con dos etapas de cribado, un desarenador, desengrasado y clarificación para las aguas residuales. Sobre los lodos generados con el tratamiento se efectúan operaciones de espesamiento, digestión y deshidratación. Adicional al agua tratada dos subproductos son obtenidos: biogás y biosólidos. En la Figura 5.1 se muestra el esquema general de la planta.



Fuente: Agenda río Bogotá (2010).

Figura 5.1. Esquema general de la planta de tratamiento.

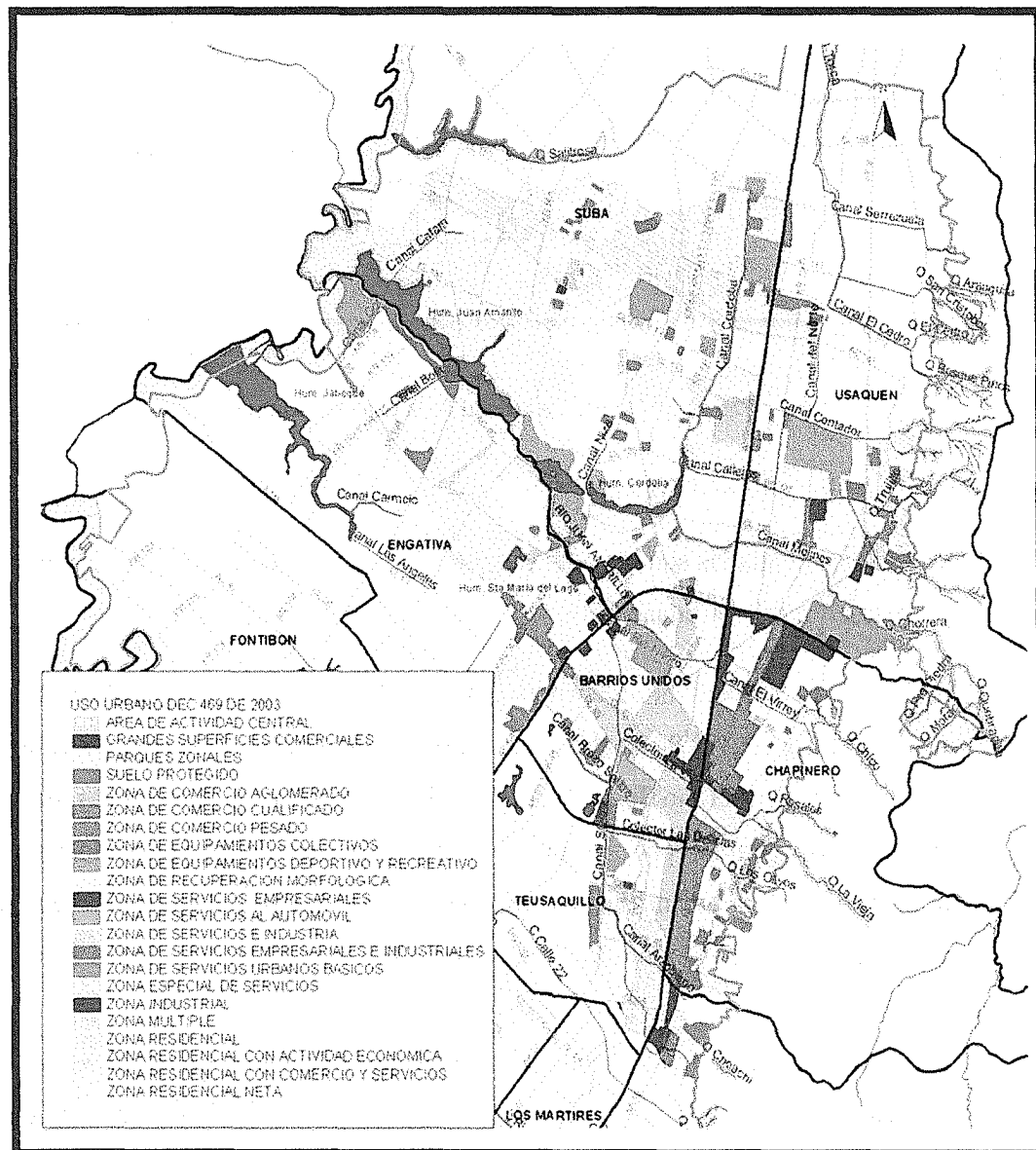
Áreas de Influencia del Proyecto

Las localidades afectadas son las poblaciones conocidas como Engativá y Fontibón¹, las cuales se describen a continuación:

- Engativá: pertenece al Distrito Capital de Bogotá, su población es de aproximadamente 893.944 hab. (para el año 2005). Limita al norte con la localidad Suba por medio del río Juan Amarillo, al oriente con las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo por medio de la Avenida Carrera 68, al occidente con el Municipio de Cota por medio del río Bogotá y al sur con la localidad Fontibón por medio de la Avenida el Dorado y el costado norte del Aeropuerto El Dorado.
- Fontibón: pertenece al Distrito Capital de Bogotá, su población es de aproximadamente 327.933 hab (para el año 2005). Limita al norte con la localidad de Engativá al oriente, con las localidades de Puente Aranda y Teusaquillo; al

¹ Los datos que en este apartado se presentan no estaban dentro del caso de estudio ya que este se enfoca exclusivamente en un análisis económico usando una valoración contingente por la tanto la información obtenida es tomada de los portales web de las Alcaldías de las zonas afectadas y de libros generados por la alcaldía mayor de Bogotá.

A continuación en las Figuras 5.2, 5.3 y 5.4 se presentan la ubicación de estas poblaciones dentro de la cuenca del río el Salitre y la composición interna de las mismas.



Fuente: Río el Salitre (2008).

Figura 5.2. Poblaciones influenciadas por el Proyecto, en la cuenca del río Salitre.

5.1.2 Caracterización Ambiental.

Los datos relevantes a este apartado se encuentran en el Apéndice 5.1.

5.1.3 Identificación, selección y descripción de impactos.

5.1.4.1 Identificación de impactos.

En el apartado 4.1.3 del Capítulo 4 se muestra la realización de una serie de matrices en las cuales se discretizan los impactos según etapas, como construcción y operación y mantenimiento, para la ejecución del caso de estudio se tomaron las correspondientes a la etapa de operación y mantenimiento de una planta por lodos activados. Se presenta en la Tabla 5.2 el resumen de los componentes, actividades y acciones y en la Tabla 5.3 los posibles impactos ambientales que se generarían en esta etapa.

Tabla 5.2. Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento por lodos activados.

Sedimentador primario	Ajuste de la tasa de aire	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Tanque de aireación	Limpieza y revisión de los difusores.	Transporte de equipos y repuestos
Sedimentador secundario	Chequeo de pH	Transporte de personal
Sistema de tratamiento y disposición de lodos	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Uso de químicos
	Chequeo y mantenimiento del sistema de circulación de lodos	Disposición de desechos
	Control de efluentes	Disposición de lodos y efluentes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3. Posibles impactos ambientales en la etapa de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento por lodos activados.

Componente Físico Químico	Componente Biológico Ecológico	Componente Social Cultural	Componente Económico Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Oposición social del proyecto	Generación de empleo
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Contaminación y muerte de especies acuáticas	Alteración de la estética del paisaje	

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2 Selección de impactos ambientales.

En la Tabla 5.4 se presenta el cálculo de VIAPS.

Tabla 5.4 Calculo de VIAPS.

Impacto	Signo	Importancia	Frecuencia	Reversibilidad	Gravedad	VIAPS	VIAPS	VIAPS
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, etc.)	(-)	4	1	1	-6	3	12	-0,3
Cambio en la calidad del agua producto de la alteración por introducción efluentes	(-)	4	4	4	-12	3	12	-1
Contaminación y ecotoxicidad en la biota	(-)	1	2	2	-5	3	12	-0,2
Contaminación y muerte de especies acuáticas	(-)	1	2	2	-5	3	12	-0,2
Aceptación social del proyecto	(+)	1	2	2	-5	3	12	0,2
Alteración de la estética del paisaje	(-)	1	3	4	-8	3	12	-0,6
Generación de empleo	(+)	4	2	4	10	3	12	0,8

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de continuar la ilustración de los pasos propuestos, el impacto a ser evaluado es el cambio en la calidad del agua producto de la alteración por introducción efluentes.

5.1.4.3 Descripción del Impacto

Nombre del Impacto		Código del Impacto
Cambio en la calidad de las aguas producto de la alteración por introducción de efluentes.		FQ 01
Tipo de Impacto: Primario		Indicador: Índice de calidad de aguas (ICA).
Impactos asociados: Contaminación y ecotoxicidad en la biota Contaminación y muerte de especies acuáticas		
Componente y media a afectar: Físico-Químico.		
Actividades capaces de generar el Impacto		
Etapa		Actividad
Operación y Mantenimiento	Uso de Químicos	
	Disposición de desechos.	
	Disposición de lodos y efluentes.	
Descripción del Impacto: La calidad de las aguas del río Salitre se ve afectada por los efluentes domésticos que son vertidos en el mismo, produciendo malos olores, posibles problemas a la biodiversidad, riesgos a la salud, y perdida de la estética del río, esto por ende causa molestias a la comunidad aledaña generando inconformidad y alterando los niveles de la calidad de vida. El indicador seleccionado es el índice de calidad de agua (ICA), puesto que este indicador proporciona un valor global de la calidad del agua e incorpora los valores individuales de una serie de parámetros.		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.5 Planilla con la descripción del impactos ambiental seleccionado.

El indicador seleccionado es el Índice de Calidad del Agua (ICA), puesto que este indicador proporciona un valor global de la calidad del agua, e incorpora los valores individuales de una serie de parámetros. A continuación en la Tabla 5.5 se presentan los parámetros que serán usados en los cálculos, estos son tomados de los datos que proporciona la planta de tratamiento de aguas residuales. El Salitre, los cuales corresponden al agua cruda que ingresa a dicha planta, los valores con los que sale el agua al pasar por el tratamiento primario y a partir de allí se asumen valores para dar un mejor contraste al ejemplo. Los valores porcentuales y sus ponderaciones se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.5 Calidad del agua cruda.

DBO5	255 mg/l	89mg/l	50 mg/l	10 mg/l
SST	219 mg/l	151mg/l	70 mg/l	30 mg/l
Coliformes	7.000 n°/100 ml	3000 n°/100 ml	250 n°/100 ml	10 n°/100 ml
Aspecto	Muy malo	Aceptable	Agradable	Bueno

Fuente: Planta de tratamiento El Salitre.

Tabla 5.6. Valores porcentuales y pesos asignados para los parámetros que conforman el ICA.

	Ci	Pi	Ci	Pi	Ci	Pi	Ci	Pi
DBO5	0	3	0	3	0	3	20	3
SST	90	2	90	2	100	2	100	2
Coliformes	20	3	50	3	90	3	100	3
Aspecto	10	1	60	1	70	1	80	1

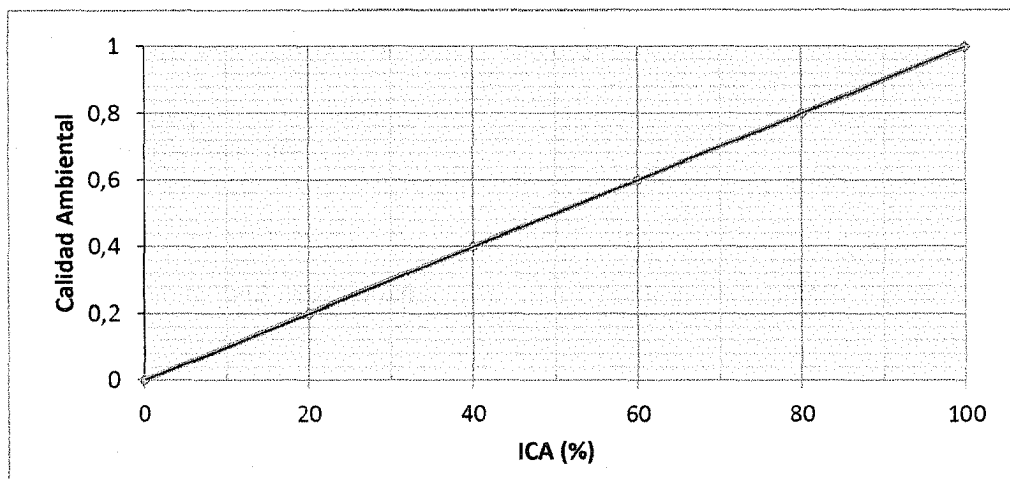
Fuente: Conesa y Vitora (2010).

Calculando el ICA para los escenarios descritos anteriormente en el Apartado 5.1.1 se obtienen los resultados de la Tabla 5.7 En la Figura 5.6 se muestra la función de transformación y en la Figura 5.7. se presenta la curva de magnitud obtenida con el cálculo de los diferentes ICA.

Tabla 5.7 Cálculo del ICA.

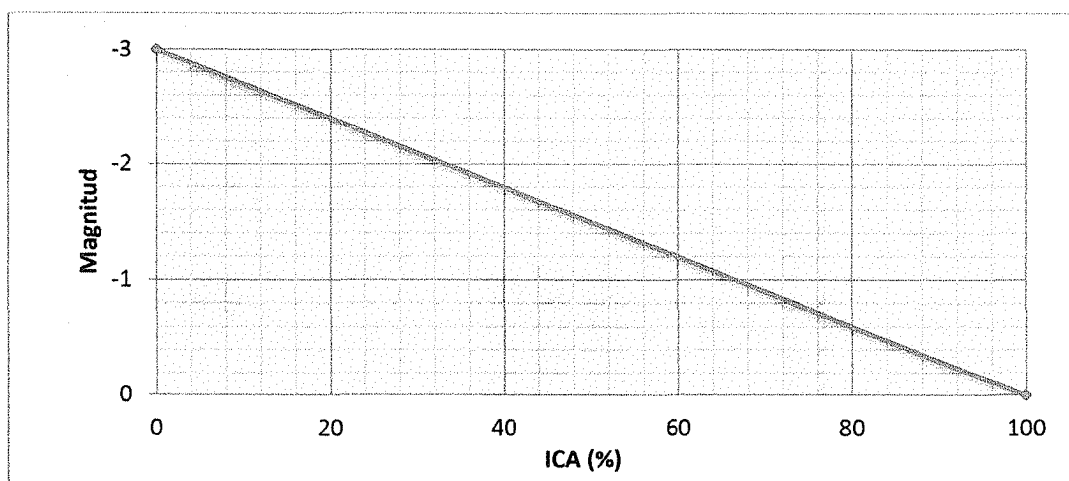
Agua Cruda	0,25	6,9
Calidad A	0,25	10,8
Calidad B	0,5	30
Calidad C	0,75	53,3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Conesa y Vitora (2010).

Figura 5.6. Función de transformación.



Fuente: Elaboración propia.

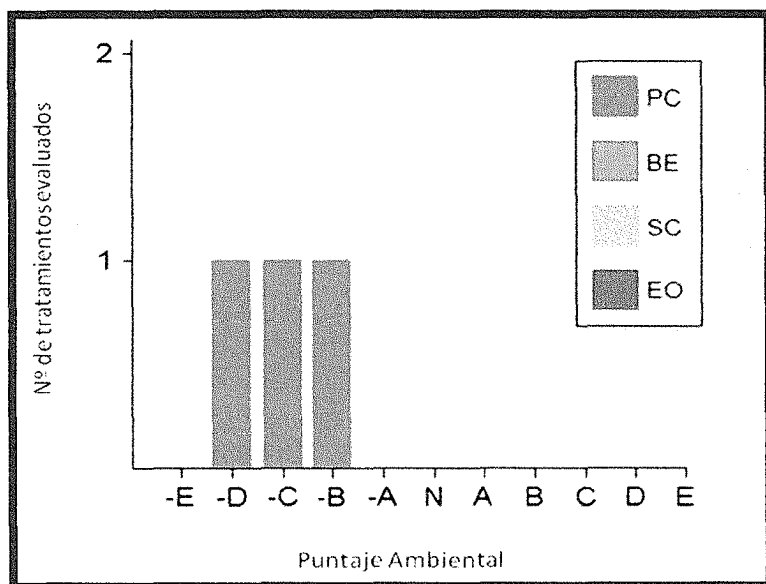
Figura 5.7. Curva de Magnitud.

En la Tabla 5.8 se presenta el resultado de los impactos según evaluación usando la metodología RIAM, y en la Figura 5.8 se muestra el puntaje ambiental de los tratamientos.

Tabla 5.8 Evaluación ambiental de los distintos tratamientos, usando la metodología RIAM.

PC1	Tratamiento primario	-42	-D	2	-3	2	2	3
PC2	Tratamiento primario y secundario.	-28	-C	2	-2	2	2	3
PC3	Tratamiento primario, secundario y desinfección	-14	-B	2	-1	2	2	3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.8. Histograma resumen del puntaje ambiental, por tratamientos evaluados

Utilizando como criterio para la sostenibilidad, la puntuación ambiental obtenida de la metodología RIAM, se tiene que desde el punto de vista ambiental la mejor alternativa de proyecto es el tratamiento primario, secundario y desinfección, ya que es la que genera un menor impacto ambiental.

5.2 Análisis Financiero-Económico.

Para la realización de estos análisis (financiero y económico), en el caso de estudio fue necesario la utilización de datos referentes a costos tanto por inversión como de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento con las características que se plantean en el trabajo realizado por Bermúdez (1999). Por esta razón, se tomaron estos valores del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato “Dren Merino” y los datos poblacionales de las localidades que se ven beneficiadas por el proyecto. Cada uno de

los cálculos fue realizado con Microsoft Excel, el procedimiento de cada uno de los cálculos se presenta en el Apéndice 5.2.

Con la metodología explicada en el apartado 4.2 del Capítulo 4 se procede a realizar el análisis financiero, contemplando para ello: montos de inversión, costos de operación y mantenimiento, vida útil de la planta de tratamiento y una tasa de descuento, tal como se muestra en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Aspectos a considerar en el análisis financiero.

Inversión	1274449 \$	2000000 \$	2005000 \$
Costos de operación y mantenimiento	12374 \$ mensuales	14500 \$ mensuales	14542 \$ mensuales
Vida útil	15 años	15 años	15 años
Tasa de descuento	12%	12%	12%

Fuente: República de Colombia (2000).

Los datos utilizados fueron tomados del proyecto titulado Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Cortazar, Guanajuato” Dren Merino”. La cual es una planta de tratamiento por lodos activados que presenta los costos de inversión y operación y mantenimiento reales a partir de los cuales se realizaron los cálculos respectivos en el análisis. En función de estos datos se obtienen los resultados de la Tabla 5.10, con los cálculos del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE).

Tabla 5.10. Cálculo el valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis financiero.

Inversión (\$)	1	1.274.449	2.000.000	2.005.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488	174.000	174.500
	3	148.488	174.000	174.500
	4	148.488	174.000	174.500
	5	148.488	174.000	174.500
	6	148.488	174.000	174.500
	7	148.488	174.000	174.500
	8	148.488	174.000	174.500
	9	148.488	174.000	174.500
	10	148.488	174.000	174.500
	11	148.488	174.000	174.500
	12	148.488	174.000	174.500
	13	148.488	174.000	174.500
	14	148.488	174.000	174.500
	15	148.488	174.000	174.500
	16	148.488	174.000	174.500
VPC		\$ 2.040.875	\$ 2.843.831	\$ 2.851.336
CAE		\$ 292.641	\$ 407.777	\$ 408.853

Fuente: Elaboración propia

El criterio a ser usado para el análisis de sostenibilidad desde el punto de vista financiero será el CAE. En este caso la mejor alternativa de proyecto es la que implica solo un tratamiento primario, puesto que posee un menor CAE.

Para el análisis económico se empleó la relación precio cuenta de Colombia, en la Tabla 5.11 se presentan los cálculos de VPC y CAE utilizando para la inversión una relación de 0,80 el cual corresponde a costos de construcción y para la operación y mantenimiento se empleará una de 0,60 que corresponde a mano de obra no calificada, esto bajo el supuesto que la operación y mantenimiento requieran mayoritariamente este tipo de mano de obra.

Tabla 5.11. Cálculo del valor presente de los costos (VPC) y el costo anual equivalente (CAE), en el análisis económico

		Tasa de descuento (%)		
		10	12	15
Inversión (\$)	1	1.019.559	1.600.000	1.604.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	89.093	104.400	104.700
	3	89.093	104.400	104.700
	4	89.093	104.400	104.700
	5	89.093	104.400	104.700
	6	89.093	104.400	104.700
	7	89.093	104.400	104.700
	8	89.093	104.400	104.700
	9	89.093	104.400	104.700
	10	89.093	104.400	104.700
	11	89.093	104.400	104.700
	12	89.093	104.400	104.700
	13	89.093	104.400	104.700
	14	89.093	104.400	104.700
	15	89.093	104.400	104.700
	16	89.093	104.400	104.700
VPC		\$ 1.452.107	\$ 2.063.441	\$ 2.068.837
CAE		\$ 208.218	\$ 295.877	\$ 296.651

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta los datos obtenidos de la valoración contingente de la Tesis de Maestría titulada "Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre" realizada por Bermúdez (1999):

1. En promedio (con una probabilidad de ocurrencia de un 50%) la disponibilidad a pagar (DAP) de las personas por la mejora en calidad A, es de \$ 1,93.
2. La disponibilidad a pagar media (con una probabilidad de ocurrencia del 50%) de las personas por la mejora en calidad B, es de \$ 4,22.
3. La disponibilidad a pagar (con una probabilidad de ocurrencia de un 50%) de las personas por la mejora en calidad C, es de \$ 5,04.

En la Tabla 5.12, se presentan los valores del beneficio ambiental de cada una de las propuestas, mientras que la Tabla 5.13 muestra la comparación del costo anual equivalente del análisis económico con el beneficio ambiental.

Tabla 5.12. Calculo de Beneficio ambiental.

Calidad	Factor de ponderación	Beneficio ambiental	Costo anual equivalente	Costo anual	Beneficio ambiental
Calidad A	1,93	893.944	327.933	244.375	5.659.725
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.13. Comparación de costo anual equivalente (CAE) con el beneficio ambiental.

Calidad	CAE	Beneficio ambiental
Calidad A	208.218	5.659.725
Calidad B	295.877	12.375.150
Calidad C	296.651	14.779.800

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista económico la mejor opción es la que ofrece el tratamiento primario secundario y desinfección puesto que genera beneficios ambientales más elevados.

5.3 Análisis social.

A continuación se presenta la aplicación de los pasos del análisis social:

Datos poblacionales:

- Engativá: su población es de aproximadamente 893.944 hab. (para el año 2005).
 - Fontibón: su población es de aproximadamente 327.933 hab. (para el año 2005).
1. A objeto de ejecutar los cálculos de distribución de equidad, para este análisis se tomaron tres tipos de ingresos familiares:
 2.
 - Un salario bajo correspondiente al salario mínimo en Colombia de 616.000 pesos (312,47 \$).
 - Un salario medio correspondiente al salario promedio en Colombia de 4.500.000 pesos (2285,33 \$).
 - Un salario alto que corresponde a personas con altos niveles de educación de 10.000.000 pesos (5.078,51 \$).
 3. En la Tabla 5.14 se presentan los valores calculados para la distribución de equidad, obteniéndose que los porcentajes aumentan en función de los ingresos familiares más altos por tanto se trata de una equidad regresiva

Tabla 5.14. Distribución de la equidad.

A	\$ 5.451.507	0,005 %	0,04%	0,09%
B	\$ 12.079.273	0,002%	0,02%	0,04%
C	\$14.483.149	0,002%	0,02%	0,04%

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis de sostenibilidad.

Para la realización de este análisis se contó tanto con el criterio de varios profesionales, vinculados a la enseñanza de las áreas ambientales y desarrollo de proyectos, como con personas ajenas al área de conocimiento, esto con la finalidad de determinar si los análisis pueden ser mostrados de forma tal que sean comprendidos por cualquier persona. Las opiniones de expertos y no expertos, fueron procesadas a través de la herramienta *Expert Choice* (decisión de experto). La Figura 5.9 muestra los resultados obtenidos en la ponderación global de los distintos análisis y el resumen de la ponderación de cada criterio (considerados en esta investigación) una vez de aplicado el instrumento a expertos y no expertos. La ponderación particular de los análisis, se presenta en el Apéndice 5.3.

El resultado obtenido, combinando los datos de todos los participantes (de la Figura 5.9 y el Apéndice 5.3), se presenta en la Figura 5.10. Asimismo, en la Figura 5.11 se presenta un resumen de los pesos obtenidos para las distintas alternativas de proyecto y para los análisis.

Según los resultados obtenidos en el análisis de sostenibilidad, la alternativa de proyecto más adecuada, elegida tanto individualmente como por el criterio en conjunto, es la tercera, la cual implica implementar una planta con tratamiento primario, secundario y desinfección.

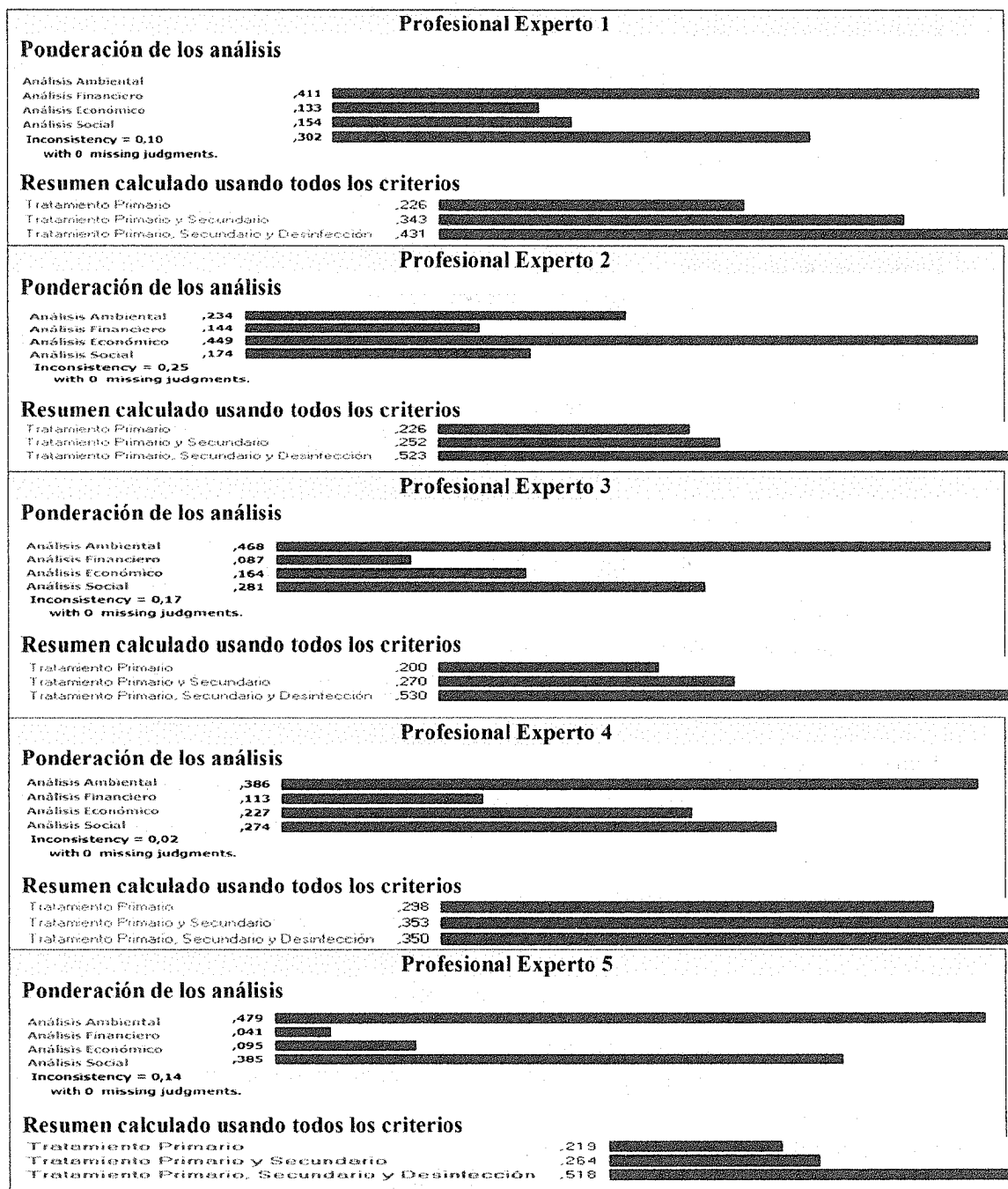


Figura 5.9. Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

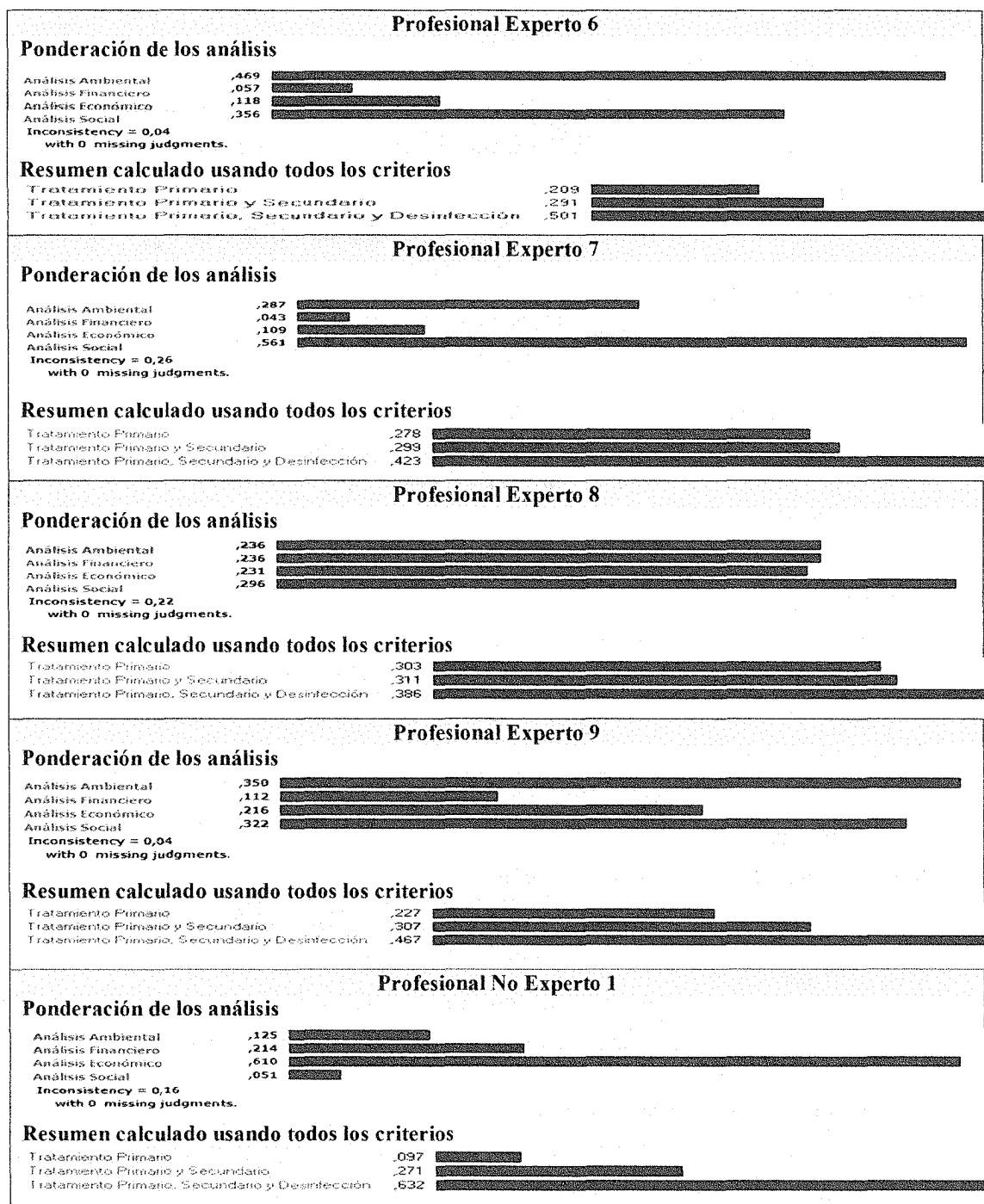


Figura 5.9. (Continuación). Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia

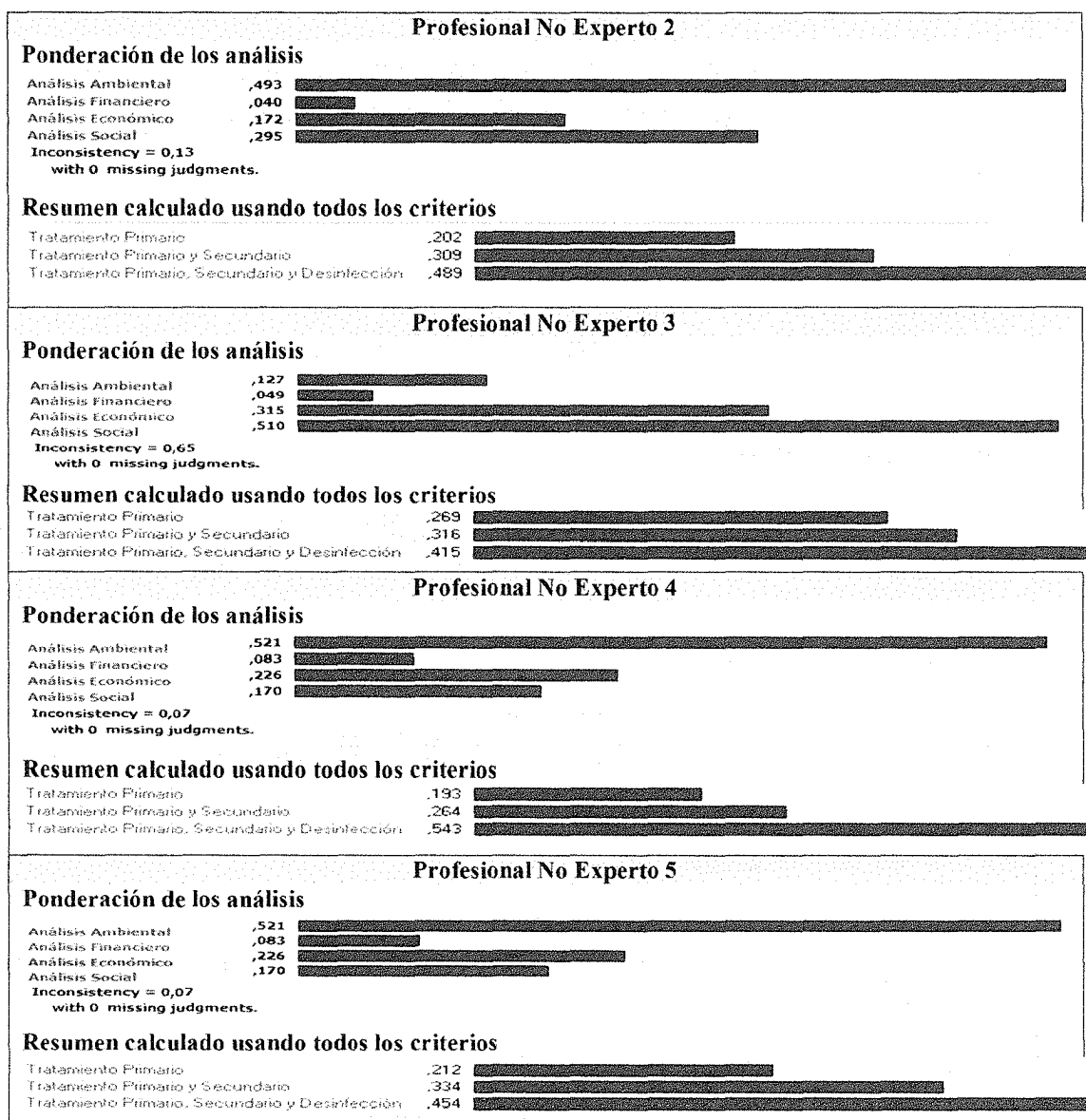


Figura 5.9. (Continuación). Ponderación de análisis considerados por profesionales consultados, para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

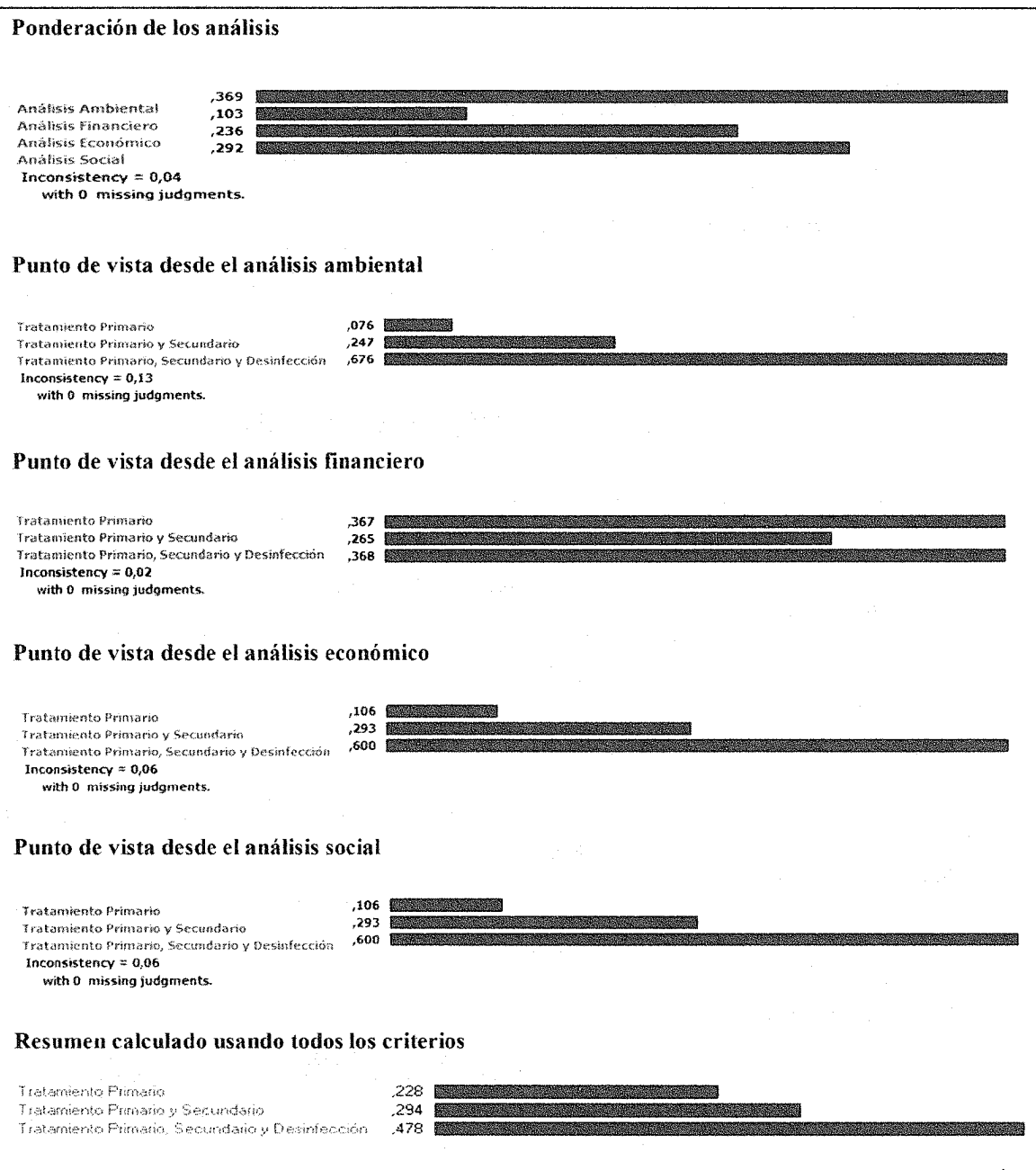
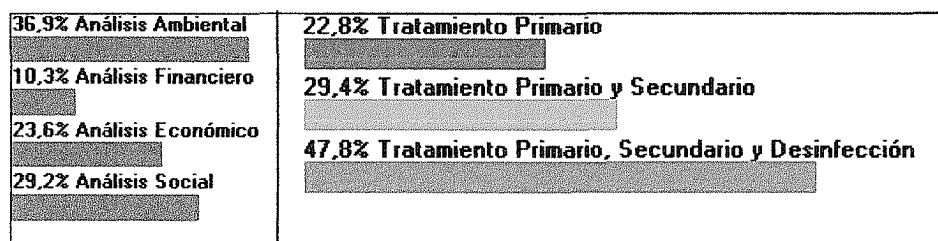


Figura 5.10. Ponderación obtenida para los análisis considerados para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.11. Pesos obtenidos para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A través de la investigación documental elaborada como marco de este trabajo, se logró generar una metodología para el análisis de sostenibilidad de los proyectos de calidad ambiental, como es el caso particular de los proyectos destinados al tratamiento de efluentes municipales; utilizando para esto cuatro criterios: el ambiental, el financiero-económico y el social. A continuación se presentan los resultados más relevantes del presente estudio:

- El principal problema que existe en los proyectos de tratamiento de aguas residuales es que son evaluados y analizados exclusivamente por criterios técnicos y criterios financieros/económicos no tomándose en cuenta las demás variables que constituyen el desarrollo sustentable.
- La gran mayoría de los estudios que introducen la variable de sostenibilidad en los proyectos de calidad ambiental se enfocan en la evaluación de impactos ambientales dejando por fuera los estudios de equidad.
- Muchas evaluaciones son manejadas desde el punto de vista cualitativo, cuando realmente esa valoración debe llevar también un estudio cuantitativo que permita medir y definir con exactitud las variables, dando por ende un acercamiento mayor al problema y resolverlo de mejor forma.
- Se logró realizar una metodología que conlleva una serie de pasos para análisis ambiental, financiero, económico y social que integran el desarrollo sustentable en los proyectos de tratamiento de efluentes domésticos con el fin de contribuir a la selección de los mismos.
- Para la realización del análisis ambiental es necesario contar con datos precisos y actuales, de esta manera se podrá seleccionar los indicadores más adecuados a considerar en la evaluación cuantitativa del impacto ambiental.

- La selección de los impactos ambientales a ser evaluados debe ser meticulosa, con el fin de que no queden faltando aspectos importantes en las partes posteriores de la evaluación.
- La metodología RIAM es una herramienta sumamente valiosa en la evaluación de impactos ambientales, ya que categoriza y pondera los impactos dejando su significancia positiva o negativa sobre el ambiente.
- El criterio a ser evaluado desde el punto de vista ambiental para el análisis de sostenibilidad será la puntuación ambiental que genera la metodología RIAM, ya que ésta establece cuál impacto es más perjudicial al ambiente.
- Según los profesionales entrevistados para esta investigación, el análisis ambiental resulta de mayor significancia al momento de evaluar la sostenibilidad de los proyectos, puesto que es el medio receptor (ríos, lagos o lagunas); el que sufre un cambio al recibir las descargas de los efluentes municipales lo que afecta sus condiciones ecológicas, pudiendo así desencadenar problemas aguas abajo.
- El análisis financiero, determina con certeza los costos que generaría el proyecto, por lo tanto, este análisis permite al proyectista tomar la decisión de si está en la capacidad o no de realizar la inversión requerida, el criterio que debe usarse desde este punto de vista es el costo anual equivalente.
- El análisis económico incluye el estudio tanto de los costos como de los beneficios ambientales que conlleva el proyecto, es decir, toma en cuenta el bienestar que obtendrá la sociedad dada la realización del proyecto. Esto ofrece una perspectiva más amplia a la hora de tomar una decisión de inversión, el criterio a usarse para la sostenibilidad es la comparación entre los costos y los beneficios.
- Para el cálculo de los beneficios ambientales que genera un proyecto de calidad ambiental, se recomienda el uso de la valoración contingente, ya que esta metodología acerca a la sociedad, y permite que la misma entienda lo que se quiere obtener con el proyecto, dejándole a ellos la libertad de decidir cuánto estarían dispuestos a pagar por dichos beneficios.

- El análisis social distingue los sectores de la población que se verán beneficiados por la implantación del proyecto, por tanto, el proyectista debe seleccionar las opciones que sean más equitativas asegurando así un mayor bienestar para toda la comunidad.
- Todos los proyectos deben estar bien descritos y fundamentados bajo un criterio técnico suficientemente explícito y capaz de ser entendido por todas las personas, independientemente de su área de conocimiento, esto con la finalidad de que cualquiera pueda opinar y elegir alternativas acordes con su realidad.
- El análisis de sostenibilidad, se fundamenta en la comparación por pares de los diferentes análisis, esto permite que diferentes personas bien sean profesionales en el área o población beneficiada, den su criterio y escojan cual alternativa de proyecto es la más sostenible, dejando claro al proyectista la mejor alternativa.
- En el caso de estudio utilizado, se ejemplificaron cada uno de los pasos para llegar a deducir cuál alternativa es más sostenible, determinándose: que desde el punto de vista ambiental y económico, la mejor opción es la que conlleva la implementación de la planta con tratamiento primario, secundario y desinfección; ya que es la que genera menor impacto ambiental negativo y un mayor beneficio. Por su parte, desde el punto de vista económico la mejor alternativa es la planta que conlleva a un tratamiento primario puesto que es la que requiere una menor inversión, y finalmente desde el punto de vista social son iguales las tres opciones puesto que su equidad es la misma para las tres.
- Así mismo el análisis en conjunto, es decir, el que involucra a todos los criterios; arrojó que la opción más sostenible es la implementación de la planta con tratamiento primario, secundario y desinfección, esto bajo el criterio de todas las personas que hicieron la entrevista.

5.2 Recomendaciones.

- El alcance de esta investigación va dirigido a proyectos que se encuentran en etapa de perfil, se recomienda ahondar más en estos estudios para alcanzar la evaluación de sostenibilidad en todas las etapas del proyecto.
- Para un mejor análisis ambiental aparte de evaluar las aguas que entran y salen de la planta de tratamiento hacia el cuerpo receptor, se recomienda evaluar también el agua del receptor antes y después de recibir la descarga de la planta, de esta manera se verifica el impacto real sobre el mismo, y las posibles consecuencias que generarían aguas abajo de su curso.
- Cada análisis puede ser un trabajo de investigación particular, por esta razón se recomienda la realización de una investigación más a fondo para cada uno de ellos.
- El análisis financiero y económico requieren ser adaptados a la realidad de cada país, por tanto es importante ahondar en estos estudios sobre todo en nuestro país Venezuela, donde no existe una relación precio-cuenta.
- La sociedad en general debe ser invitada a participar en los proyectos para que conozcan los beneficios de los mismos y así puedan seleccionar a través de diversas herramientas (como la metodología propuesta) la mejor alternativa para su comunidad.
- La sostenibilidad es un concepto que hoy en día debe ser aplicado a todos los tipos de proyectos, por este motivo, sería recomendable generar metodologías para su evaluación en las diferentes áreas de aplicación en las que se proponen los mismos.
- Se sugiere la elaboración de un software libre para comparación y toma de decisiones que podría ser usado en distintos tipos de proyectos.

- Existe un triángulo que está desarrollando el banco mundial, el cual integra aparte del desarrollo sustentable una serie de criterios relativos a Gobernabilidad y Cooperatividad los cuales se recomiendan ser analizados en futuros trabajos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2008). *La encuesta*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.slideshare.net/Mgam/la-encuesta>
- Agua de los Andes S.A. (2013). *Sistemas de tratamiento*. [Documento en línea]. Consultado el día 05 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
http://www.adlandes.com.ar/?page_id=17
- Aldunate, E. (2009). *Evaluación social de proyectos*. Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ª Edición. Editorial Episteme. Caracas. Venezuela.
- Asian Development Bank. (1999). *Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.partnershipsforwater.net/psp/tc/TC_Tools/007T_EconAnalysis%20Projects.pdf
- Astier, M., Masera O., y Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico multidimensional*. Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. Editorial. IMAG impressions. Valencia. España.
- Banco Mundial. (1983). Technical Paper 7: Arthur, J.P. *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. Washington D.C
- Banco Mundial. Water-borne Sanitation (1985). *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation*, Washington D.C.
- Bayona, M. (2009). *Conociendo la localidad de Engativá: Diagnostico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*. Alcaldía mayor de Bogotá. Bogotá Colombia.
- Bermúdez, M. (1999). *Valoración Económica de los Beneficios Ambientales Directos de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua del río Salitre*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

- Capital Sustentable. (2011). *Guía para el desarrollo local sustentable*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.iclei.org.mx/web/uploads/assets//GDSL/guia_desarrollo_sustentable_local.pdf
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2006). *Proyecto Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. en la ciudad de Cortazar, Guanajuato "Dren Merino"*. Cortazar. México.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD). (1987). *Nuestro Futuro Común*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Conesa, V., Vitora, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Chávez, N (1994). *Introducción a la investigación educativa*. Talleres de artes gráficas S.A. Maracaibo. Venezuela
- Departamento de Desarrollo Social Banco Mundial. (2002). *Guía para el análisis social para la incorporación de las dimensiones sociales en proyectos apoyados por el banco*. [Documento en línea]. Consultado el día 07 de julio de 2013 de la World Wide Web:
<http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEV/Resources/3177394-1168615404141/SocialAnalysisSourcebookAugust7.pdf?resourceurlname=SocialAnalysisSourcebookAugust7.pdf>
- Duran, D. (2010). *La gestión sustentable de proyectos ambientales*. [Documento en línea]. Consultado el día 07 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/la_gestion_sustentable_de_proyectos_ambientales
- Espinosa, C. (2013). *Notas del curso "tratamiento de aguas residuales"*. Especialización GARTA. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Federal register. (1993). *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*. Washington, D.C. U.S. Govt.
- Félez, M. (2009). *Situación actual del estado de la depuración biológica*. Explicación de los métodos y sus fundamentos. [Documento en línea]. Consultado el día 31 de julio de 2013 de la World Wide Web:
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf

- Ghigliazza, C. y Lupo, J. (2013). *Expert choice guía de uso para el alumno*. [Documento en línea]. Consultado el día 10 de febrero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.websyllabus.org/files/6563-Expert Choice - Guia basica UBA.pdf>
- Guía ambiental. *Lagunas de Estabilización*. [Documento en línea]. Consultado el día 01 de Agosto de 2013 de la World Wide Web:
<http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-lagunas-estabilizacion.html>
- Gobierno del estado de Tabasco. (2007). *Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales llave en mano 1ra. etapa (zona sureste.) cd. de Villahermosa*. Tabasco. México.
- Gómez, D. (1999). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Editorial grupo Mundi-Prensa. Madrid. España
- Helmer, R. (1997). *Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles*. Edmundsbury Press. Londres, Inglaterra.
- Hernández, R. Fernández, C. Baptista, L. (2002) *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw-Hill. Interamericana. DF. México.
- Metcalf & Eddy. Tchobanoglous G. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Editorial Mc Graw-Hill. New York. USA.
- Manrique, R., Acosta, L., Herber, A., Jiménez, H., Torralba, R. (2001). *Proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en américa latina: realidad y potencial*. San Agustín, Perú.
- Márquez, K. (2012). *Formulación de indicadores ambientales y funciones de transformación de las variables ambientales: suelos y tierras, consideradas en la ejecución de un estudio de impacto ambiental y sociocultural*. Universidad de los Andes, CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- Márquez, K. y Pérez, J. (2013). *Guía práctica para la evaluación de impacto ambiental*, en Venezuela. Mérida. Venezuela.
- Miliarium. *Ingeniería civil y medio ambiente*.(2013). [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.miliarium.com/>
- Navarro, J. (2010). *Agenda río Bogotá*. [Documento en línea]. Consultado el día 26 de Marzo de 2014 de la World Wide Web:
<http://agendariobogota.blogspot.com/2010/03/costos-ptar-salitre.html>

- Osorio, L. (2009). *Agenda Ambiental de la localidad 10 Engativá*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Osorio, L. (2009). *Agenda Ambiental de la localidad 09 Fontibón*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Pastakia, C., Jensen, A. (1998). *The rapid impact assessment matrix (RIAM) for environmental impact assessment, environmental impact assessment review*. Dinamarca.
- Pardo, M. (2002). *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI*. Editorial Fundamentos. España.
- Parker, C. (1962) *Hydrobiological Aspects of Lagoon Treatment*, *Journal Water Pollution Central Federation*, J.W.P.C.F.
- Pérez, J. (2013). “Notas del curso “Evaluación de proyectos”. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Pérez, J., Cabeza M., Márquez, K. (2013). *Notas del curso “Impactos Ambientales”*. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Riera, P. (1994). *Manual de valoración contingente*. Instituto de estudios fiscales.
- Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Bogotá. Escuela Nacional de Ingeniería.
- Roche, H. (2005). *Análisis multicriterio en la toma de decisiones*. [Documento en línea]. Consultado el día 26 de Marzo de 2014 de la World Wide Web: <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- República de Colombia (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000*. Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de <http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloE.PDF>
- República de Venezuela (1995). Decreto No. 883. *Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1.995.
- República de Venezuela. (1996). *Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente*. Gaceta Oficial N° 35.946. del 26 de abril de 1996.

- Severo, J. (2002). *Guía para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales*. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. Colombia.
- Suematsu, G. (1995). *Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales*. Organización panamericana de la salud. Lima. Perú.
- SERVICELL. (2013). *Proyecto planta de tratamiento de aguas residuales industriales SERVICELL*. Montecristi-Manabí. Ecuador.
- Toledo, J., Toledo, F. (2010). *Propuesta de aplicación de la metodología beneficio costo (B/C) para la evaluación económica de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (ptar): caso Ptar del Cusco*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
- Tchobanoglous, G. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education. USA.
- Universidad tecnológica nacional. (2009). *Estudio de impacto ambiental Planta de Tratamiento San Felipe*. San Felipe Tucumán, Argentina.
- Universidad nacional autónoma de México. (2013). *Esquema de un reactor anaerobio tipo IMHOFF*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
<http://www.unam.mx/>
- Universidad de Córdoba. (2009). *Diseño de encuestas*. [Documento en línea]. Consultado el día 03 de Enero de 2014 de la World Wide Web:
http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_21_sesion_6.pdf
- Yáñez, F. (1977). *Lagunas de Estabilización*. Centro Panamericano de Ingeniería. Lima, Perú.

APÉNDICES

***APÉNDICE 2.1. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA
PROPUESTA POR EL PROFESOR CARLOS ESPINOZA. (CIDIAT-2013)***

La secuencia en la escogencia de la selección de una tecnología presentada es una metodología propuesta Espinosa (2013) la cual está claramente explicada y engloba todos los aspectos necesarios de manera explícita y de fácil comprensión. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales envuelven dos grandes niveles de decisión, a saber:

Un primer nivel está relacionado con las restricciones impuestas por la caracterización y cuantificación del líquido residual y el cuerpo receptor.

El segundo nivel en la toma de decisiones involucra la selección y diseño de las unidades en la secuencia que pueden ser implementadas.

Desagregando el primer nivel se pueden considerar tres (3) aspectos:

- Caracterización del agua residual que va a ser tratada en cuanto a calidad y cantidad.
- Determinación de los estándares de calidad de acuerdo al uso considerado.
- Establecimiento de los impactos ambientales del proyecto.

Estos tres aspectos tienen repercusión sobre todas las demás consideraciones involucradas en el proceso de selección de tecnología. De manera idéntica, se puede considerar como relevante en lo relativo al segundo nivel, lo siguiente:

- Tamaño de la comunidad y densidad de población.
- Localización geográfica.
- Aspectos climáticos.
- Restricciones locales impuestas por la realidad del emplazamiento..
- Costo de la energía.
- Otros parámetros y variables similares.

A continuación en la Tabla 1 se presentan los factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales.

FACTORES	VARIABLES
Demográficos y socioculturales	Tamaño población, nivel educativo, cobertura y cantidad agua potable, existencia y tipo de alcantarillado
Características agua residual	Origen , composición y caudal
Climáticos	Temperatura, precipitación y vientos
Características del terreno	Topografía, permeabilidad y nivel freático
Capacidad y disponibilidad a pagar	Capacidad de pago, tarifa y disponibilidad a pagar
Costos	Costos de: inversión, operación y mantenimiento, terreno, recuperación de recursos
Objetivos del tratamiento	Cumplir normas de efluentes y reúso
Disponibilidad de recursos	Energía, mano de obra, equipos y materiales
Aspectos tecnológicos	Impacto ambiental, disponibilidad terreno, generación subproductos, facilidad de operar y mantener.

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

En la Tabla 2 se presenta una matriz que establece criterios de escogencia de tecnologías de tratamiento de agua, basada en los factores más resaltantes como son cantidad de habitantes, espacio, capacidad de remoción, costos, entre otros, permitiendo verificar y adaptarse a las necesidades específicas de la zona que requiere la tecnología.

Tabla 2 Matriz multicriterio para la selección de tecnologías.

Tipo de tecnología	Población (iv. de habitantes)	Tipo de población	Edad media (años)	Calidad del agua	Costo de inversión (USD/m ³)	Area cubierta (m ² /hab)	Equipos necesarios	Requisitos de capacitación (m ² /hab-año)	Complejidad de operación
Lagunas de estabilización	Desde 250	nucleada	75-85	60-99,9	10-15	1-2,80	Ninguno	Ninguno	Sencilla
Reactores anaerobios de flujo ascendente	Hasta 100000	nucleada	75-85	10 ¹	35-40	0,15-0,20	Recolector y purificador de gas	Ninguno	Requiere personal especializado
Filtros percoladores	Hasta 100000	nucleada	80-90	60-90	60-70	0,20-0,30	Brazo giratorio, bombas de recirculación, escarificador y prensado de lodos	7-11	Requiere Personal especializado
Lodos activados	Se recomienda para grandes poblaciones	nucleada	75-85	60-99,9	70-100	0,20-0,25	Aireadores bombas de recirculación, escarificadores, centrifugado y Prensado de lodos, equipos para recolectar gas.	12-15	Requiere personal especializado

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

Una vez estudiada la matriz multicriterio se pasa a construir la matriz de selección en base al siguiente procedimiento:

1. Identificación de las tecnologías promisorias a comparar (columnas).
2. Elaboración de una lista de criterios sobre los que se desea seleccionar o priorizar (filas).
3. Ponderación de los criterios de selección, mediante la asignación de un valor a cada criterio, el cual toma en cuenta su importancia relativa para el caso particular que se está tratando. Se proponen los siguientes valores para la ponderación:

- Importancia baja = 1

- Importancia media = 2
- Importancia alta = 3

4. Se procede a construir la matriz con la siguiente configuración (Tabla 3):

Tabla 3 Matriz de Evaluación de Alternativas Tecnológicas

Criterio de Selección	Ponderación	Alternativas Tecnológicas									
		I		II		III		IV		V	
		P	V	P	V	P	V	P	V	P	V
A											
B											
C											
D											
TOTAL (Σ)											
ORDEN DE PRIORIDAD											

Fuente: CIDIAT (2013) notas de clase del profesor Carlos Espinosa.

5. Definición del factor de valoración para cada opción tecnológica, utilizando para ello una escala la cual debe ser lo más sencilla posible, por ejemplo de 1 a 5, 1 a 10, etc. En este caso se propone el siguiente criterio de puntuación para los factores de valoración:

- Generación, riesgo o afectación inexistente = 1
- Generación, riesgo o afectación baja = 2
- Generación, riesgo o afectación media = 3
- Generación, riesgo o afectación alta = 4
- Generación, riesgo o afectación muy alta = 5

6. Valoración de los factores y obtención del orden de prioridad. El procedimiento contempla:

- Ponderar para cada criterio de selección (P) y valorar las diferentes opciones tecnológicas (V).

- Anotar en la columna (VxP) el resultado de multiplicar el valor de la columna V por el valor de ponderación (P) del criterio.
- En la columna TOTAL escribir el valor que se obtiene de sumar (VxP) para cada opción tecnológica.
- El orden de prioridad queda establecido en función de la puntuación que alcanza cada factor. En este caso menor valor indica mayor aptitud ó condición más favorable.

Este procedimiento comparativo no es más que una herramienta para la toma de decisión en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un problema de escogencia de tecnología, y será tomado como un primer filtro, antes de realizar los análisis que se contemplan en el desarrollo del trabajo de investigación.

***APÉNDICE 4.1. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES QUE PRESENTAN LAS
DIFERENTES TECNOLOGÍAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.***

Lagunas de estabilización

Matriz componentes vs actividades etapa de construcción para lagunas de estabilización.

Etapa de construcción								
Actividades								
Componentes	Contratación de mano de obra	Levantamiento Topográfico	Acondicionamiento de vías	Movilización de Equipos y Materiales	Excavación	Construcción del campamento provisional	Construcción de la obra	Desmantelamiento del campamento provisional
Campamento Provisional	x	x	x	x	x	x	x	x
Diques	x	x	x	x	x	---	x	---
Impermeabilización	x	---	x	x	x	---	x	---
Unidades de entrada y salida	x	---	x	x	x	---	x	---
Pantallas	x	---	x	x	x	---	x	---
Construcción carreteras y veredas	x	x	x	x	x	---	x	---
Construcción de cerco perimetral	x	x	x	x	x	---	x	---

Matriz componentes vs actividades etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Etapa de Operación y Mantenimiento							
Componentes	Actividades						
	Contratación de mano de obra	Limpieza	Estabilización de PH	Eliminación de algas en superficie	Podar taludes	Control de efluentes	Remoción de nata sobrenadante
Arranque	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de entrada	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de interconexión	x	x	----	----	----	----	----
Estructuras de salida	x	x	----	----	----	----	----
Control de PH	x	----	x	----	----	----	----
Superficie del agua	x	x	x	x	----	----	x
Taludes	x	x	----	----	x	----	----
Rejilla	x	x	----	----	----	----	----
Caudales	x	----	----	----	----	x	----

Matriz actividades vs acciones etapa de construcción para lagunas de estabilización.

Actividades	Acciones					
	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Transporte de equipos	Deforestación y limpieza del terreno	Disposición material sobrante de excavación	Disposición de desechos
Contratación de mano de obra	X	x	----	----	----	----
Construcción campamento provisional	X	x	x	x	x	x
Levantamiento Topográfico	X	x	x	x	----	----
Acondicionamiento de vías	X	x	x	x	----	----
Movilización de equipos y materiales	X	x	x	x	----	----
Excavación	X	x	x	x	x	
Construcción de la obra	X	x	x	x	----	x
Desmantelamiento del campamento provisional	X	x	x	----	----	x

Matriz actividades vs acciones etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Actividades	Acciones			
	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto	Transporte de personal	Disposición de desechos	Contaminación
Contratación de mano de obra	X	---	---	---
Limpieza	X	x	x	x
Estabilización de PH	X	x		x
Eliminación de algas	X	x	x	
Eliminación de plagas	---	---	---	x
Podar taludes	X	x	x	---
Control de efluentes	X	x	x	x
Remoción de nata sobrenadante	X	x	x	---

Posibles impactos ambientales para la etapa de construcción para lagunas estabilización.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Pérdida del suelo como cuerpo natural	Pérdida de cobertura vegetal	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Contaminación del suelo por diversas sustancias	Cambios en los corredores ecológicos	Aceptación social del proyecto	Cambios en el uso actual de la tierra
Compactación de suelos, debido al paso continuo de maquinaria y de automóviles	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Alteración de la estética del paisaje	Deterioro de la red vial existente debido al incremento del tránsito
Alteración de la calidad del aire por la emisión de gases de vehículos y maquinarias	Incremento de roedores	Incomodidad producto del ruido de la construcción.	Aumento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales
Alteración de calidad del aire por malos olores	Incremento de insectos		
Alteración de calidad del aire por material particulado	Perdida de especies		
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por aumento de la carga de sedimentos en suspensión	Cambio en la conducta de las especies animales producto del ruido de la construcción		
Eliminación de cauces de curso natural.			
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por lavado, y transporte de lubricantes, combustibles y detergentes			

Posibles impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento para lagunas de estabilización.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Alteración en la calidad del aire por malos olores.	Incremento de roedores	Aceptación social del proyecto	
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Incremento de insectos	Alteración de la estética del paisaje	
	Contaminación y muerte de especies acuáticas		

Planta de tratamiento por filtros percoladores

Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de construcción para filtros percoladores.

Componentes	Actividades	Acciones
Campamento provisional	Contratación de mano de obra	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Construcción módulo de pretratamiento	Levantamiento topográfico	Transporte de personal
Construcción Obras anexas	Acondicionamiento de vías	Transporte de equipos y maquinarias
Instalación cámara de recirculación	Movilización de equipos y materiales	Deforestación y limpieza del terreno
Instalación de aireación	Construcción del campamento provisional	Disposición de material sobrante de la limpieza y deforestación.
Instalación de filtro biológico de olores	Construcción obras civiles	Trabajo de construcción de las obras
Construcción área de almacenamiento de combustible	Desmantelamiento del campamento provisional	Disposición de desechos
Construcción carreteras y veredas	Instalación del sistema de tratamiento	
Construcción de cerco perimetral		

Resumen componentes, actividades y acciones en la etapa de operación y mantenimiento para filtros percoladores.

Componentes	Actividades	Acciones
Decantador primario	Mantenimiento y limpieza de tanques	Contratación de mano de obra principalmente de zonas aledañas al proyecto
Filtro	Limpieza y revisión del filtro	Transporte de equipos y repuestos
Clarificador	Chequeo de PH	Transporte de personal
Sistema de recirculación	Mantenimiento y limpieza de los sedimentadores	Uso de químicos
Sistema de aireación	Ajuste de la tasa de aire	Disposición de desechos
Tanques	Control de efluentes	Disposición de efluentes

Posibles impactos en la etapa de construcción para filtros percoladores.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Perdida de suelo como cuerpo natural	Pérdida de cobertura vegetal	Alteración en dinámica vehicular	Generación de empleo
Contaminación de los suelos por diversas sustancias	Cambios en los corredores ecológicos	Aceptación social del proyecto	Cambios en el uso actual de la tierra
Compactación de suelos, debido al paso continuo de maquinaria y de automóviles	Perdida de especies	Alteración de la estética del paisaje	Deterioro de la red vial existente debido al incremento del tránsito
Alteración de la calidad del aire por la emisión de gases de vehículos y maquinarias	Cambio en la conducta de las especies animales producto del ruido de la construcción	Incomodidad producto del ruido de la construcción.	Aumento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales
Alteración de calidad del aire por material particulado			
Alteración en la calidad de los recursos hídricos, por lavado, y transporte de lubricantes, combustibles y detergentes			

Posibles impactos en la etapa de operación y mantenimiento para filtros percoladores.

Componente Físico/químico	Componente Biológico-Ecológico	Componente Social-Cultural	Componente Económico-Operacional
Contaminación del suelo por diversas sustancias (Combustibles, detergentes, aceites.)	Contaminación y ecotoxicidad en la biota	Aceptación social del proyecto	Generación de empleo
Alteración en la calidad de las aguas por efluentes.	Contaminación y muerte de especies acuáticas	Alteración de la estética del paisaje	

APÉNDICE 5.1. CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL CASO DE ESTUDIO.

Ambas localidades pertenecen al Distrito capital de Bogotá y sus características ambientales generales son las siguientes:

- **Geología:** La Sabana de Bogotá está localizada en la parte central de la Cordillera Oriental y en ella afloran rocas desde el Cretácico Superior al Cuaternario las cuales evidencian diferentes condiciones de sedimentación. Las rocas más antiguas están representadas en las formaciones Chipaque, La Frontera, Simijaca y Conejo (Turoniano-Santoniano); ésta sedimentación tuvo lugar en ambientes marinos con la depositación de 1.200 m aproximados de secuencia. A partir del Campaniano las condiciones de sedimentación varían y se deposita en zonas distales la Formación Lidita Superior y la Formación Arenisca Dura en zonas proximales y continúa la sedimentación en el Campaniano Superior con la Formación Plaeners; la regresión se completa y deja como último registro marino la Formación Labor- Tierna y la parte inferior de la Formación Guaduas y empieza una sedimentación continental de tipo fluvial. En el Paleógeno y Neógeno la sedimentación de origen fluvial dio origen a las formaciones Cacho, Bogotá, Regadera y parte de Tilatá. El Mioceno es una época de tectónica activa, plegamientos, fallamiento y levantamiento de la Cordillera Oriental y afecta las formaciones antes depositadas y posiblemente se forme la cuenca de la actual Sabana de Bogotá; de éste evento al parecer quedaron registros de algunos vestigios tales como la Formación Chorrera, Marichuela y luego originó el relleno de esta cuenca con las formaciones Subachoque, río Tunjuelito y Sabana acompañados de eventos de glaciación que generaron los depósitos de la Formación Siecha y Chisacá. Dentro del área de la Sabana de Bogotá se puede establecer dos estilos estructurales: el primero, localizado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, al oriente del sinclinal de Checua, con fallas de cabalgamiento convergencia al Oriente y las otras de menor importancia se comportan como retrocabalgamiento convergencia hacia el Occidente. El segundo estilo estructural se presenta al occidente, está caracterizado por fallas de cabalgamiento convergencias al occidente como sistemas imbricados que nacen y son controlados por fallas de dirección noroeste que sirven como rampas laterales. Además de las estructuras regionales, existen zonas con diapirismo de sal

generalmente localizadas en el núcleo de los anticlinales. El diapirismo es un generador de estructuras muy complejas como las observadas en Zipaquirá, Nemocón y posiblemente entre el sector de Sesquilé y La Calera.

- Relieve: Ambas localidades presentan una topografía plana, ligeramente inclinada de oriente a occidente, predominando una tipología de valle aluvial.
- Suelos: el uso del suelo se define en función del tipo de actividad que se puede desarrollar en el mismo de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial el suelo de Bogotá se clasifica como: suelo urbano, suelos de expansión urbana, y suelo rural.
- Clima: Bogotá está situada en el altiplano cundiboyacense y cuenta con lluvia menos de 200 días al año, presentando grandes contrastes entre sitios relativamente cercanos. En la Sabana de Bogotá, por ejemplo, caen alrededor de 1.500 mm anuales en las estribaciones de los cerros orientales, mientras que en el sector suroccidental del altiplano caen cerca de 500 mm al año. Los meses de enero y febrero son los más secos y octubre y noviembre los más lluviosos. La Sabana tiene una temperatura promedio de 14°C, que puede oscilar entre los 9 y los 22°C; las temperaturas en los meses de diciembre, enero y marzo son altas, presentándose grandes variaciones y siendo normal que predominen días secos y soleados, aunque puedan experimentar bajas temperaturas en las noches y heladas en las madrugadas. Durante abril y octubre las temperaturas promedio son más bajas, pero sus variaciones son menores. Engativá tiene una temperatura promedio de 14,6°C y una humedad relativa de 75% típicas de la zona media de la ciudad. Es de anotar que el área urbana puede presentar entre dos y tres grados más de temperatura que las zonas rurales, debido a la gran masa construida de la ciudad y materiales como concreto y el vidrio que refleja buena parte de la energía solar recibida. La ciudad tampoco no ha sido ajena al cambio climático global, ya que en los últimos años ha presentado alteraciones climáticas, como aguaceros muy fuertes, que causan inundaciones y granizadas inesperadas en algunas partes de la ciudad. Igualmente se han presentado fenómenos de vientos inusuales que levantan tejados y generan pérdidas económicas.

- **Hidrografía:** En el caso de Engativá el sistema hidrológico pertenece a la cuenca del río El Salitre (o Juan Amarillo) y al río Bogotá en el costado occidental. La localidad también cuenta con tres humedales de gran interés para el distrito: el humedal Jaboque, el humedal Santa María y el humedal Juan Amarillo o Tibabuyes con el que limita por el costado norte con la localidad Suba. Dentro de la localidad se encuentran los canales Boyacá, Marantá, Bolivia, Cortijo, Jaboque, los Ángeles y el Carmelo. El río Bogotá constituye el límite del costado occidental de la localidad, la otra orilla corresponde al municipio de Cota. El río se encuentra en ordenación, es decir, está en la etapa de formulación del Plan de Ordenación y Manejo en toda su cuenca que incluye 19 subcuencas, 45 municipios y el área del Distrito Capital. En el borde de la localidad Engativá el río Bogotá recibe las descargas de aguas servidas altamente contaminadas de los asentamientos subnormales. Por su parte la localidad de Fontibón, en los límites sur y occidental está bordeada por los ríos Bogotá y Fucha. Este último es el resultado de la confluencia de los ríos San Francisco y San Cristóbal y drena el centro de Bogotá y su principal zona industrial. Así mismo, forma parte de la red hidrográfica el canal de San Francisco, que se extiende desde la Avenida El Espectador y se une con el caño Boyacá, desde el río Fucha, pasando por la Autopista El Dorado, para desembocar en el río Bogotá, en esta localidad también se encuentran los humedales de Capellanía y Meandro del Say.
- **Vegetación:** El bosque Andino alto, se caracteriza por una vegetación alta y cerrada con bosques de encenillo y otras especies como pegamoscos, gague, canelo espino, arrayan y uva. El bosque andino bajo, aparece en las laderas bajas de los cerros, está formado por una gran diversidad de especies como el gomo, el mano de oso, el trompeto, el cedrillo, el raqué y gran variedad de helechos, frailejones, chusque, tagua y líquenes entre otros.
- **Fauna:** En los reductos secundarios se encuentran mamíferos pequeños como ratones forestales, murciélagos nectarívoros, marsupiales, comadrejas y zorros; y unas 58 especies de aves lo que corresponde al bosque andino alto. En el bosque andino bajo existen algunas comadrejas, runchos y cánidos. En cuanto a las aves

hay mirla negra, golondrina, cernícalo, chirlobirlo, copetones, cucaracheros y variedad de colibríes.

- Aspectos Demográficos: De acuerdo con las proyecciones de población realizadas a partir del Censo General de 2005, la población de Bogotá para 2011 es de 7.467.804 personas y la de Engativá de 843.722, lo que representa el 11,3% de los habitantes del Distrito Capital. Se estima que en esta localidad la distribución por género es de 402.653 hombres y 441.069 mujeres. Se proyecta un aumento de la población del 3,7 % de 2011 a 2015, tasa de crecimiento menor que la de ciudad (5,5%), lo que resulta en 874.755 habitantes en 2015 en la localidad. En relación con la distribución de la población por grupos de edad, en Engativá las personas entre 0 y 15 años representan el 21,8%; entre 15 y 34 años, el 33,7%; entre 35 y 59, el 33,1% y mayores de 60 el 11,3%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a adultos y jóvenes adultos. Para 2015 se proyecta en Engativá una disminución de la población infantil y joven, que pasará a representar el 20,4% (de 0 a 15 años) y 32,3% (de 15 a 34), la población de adultos y personas en edad productiva (adultos entre 35 y 59 años) se pronostican pasen a un 34,2%, mientras que se rescata un notable crecimiento de las personas mayores de 60 años pasando al 13,1% siendo la población con mayor tasa de crecimiento.

En el caso de Fontibón: 345.909, esta localidad representa el 4,6% de los habitantes del Distrito Capital, que equivalen a unos 345.909 pobladores. Se estima que la distribución por género es de 163.761 hombres y 182.148 mujeres. Se proyecta en esta localidad un aumento de la población del 10 de 2011 a 2015, tasa de crecimiento del doble de la ciudad (5,5%), lo que resulta en 380.453 habitantes en 2015 en la localidad. En relación con la distribución de la población por grupos de edad, las personas entre 0 y 15 años representan el 28,8%; entre 15 y 34 años, el 34,5%; entre 35 y 59, el 33% y mayores de 60 el 9,7%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a niños, adolescentes y jóvenes adultos. Para el 2015 se proyecta en Fontibón una disminución de la población infantil y joven, que pasará a representar el 21,4% (de 0 a 15 años) y 33,2% (de 15 a 34), mientras que la población de adultos y adultos mayores

tiende a aumentar, especialmente, las personas en edad productiva (adultos entre 35 y 59 años), al pasar al 34,2% las personas de este grupo y al 11,2% los adultos mayores.

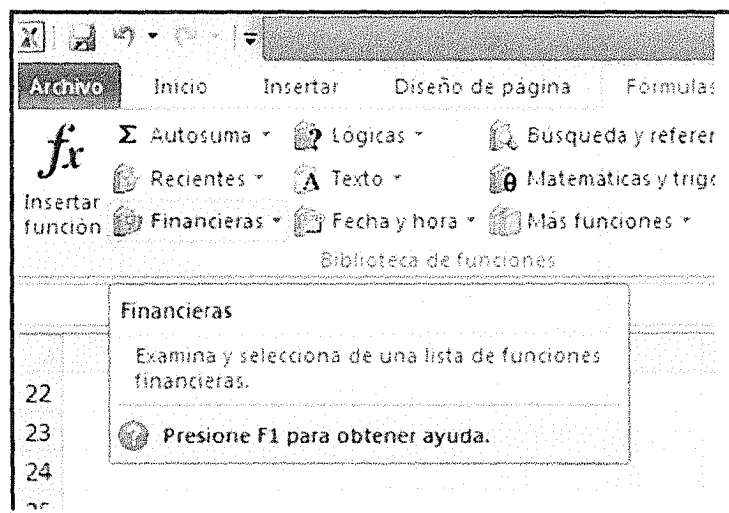
- Condiciones socioeconómicas: Para la medición de la pobreza y la cuantificación de la situación socioeconómica de los habitantes de la localidad se usó la medición de pobreza del Índice de Condiciones de Vida (ICV), que valora el estándar de vida mediante la combinación de variables de capital humano, acceso potencial a bienes físicos y otras que describen la composición del hogar. Los factores que lo componen son: acceso y calidad de los servicios, educación y capital humano, tamaño y composición del hogar y calidad de la vivienda. Cada uno de estos componentes se desagrega en elementos más específicos, asignándoles un puntaje máximo. La suma de los puntajes máximos de todos los factores es igual a 100, límite que significa una excelente calidad de vida. El valor resultante para la localidad de Engativá fue de 93,03 siendo la séptima localidad con mayor calidad de vida, mientras que Fontibón el índice se sitúa en 93,79, por lo que la localidad se configura en la ciudad, como la cuarta localidad con mayor nivel de vida.

***APÉNDICE 5.2. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS DEL
ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.***

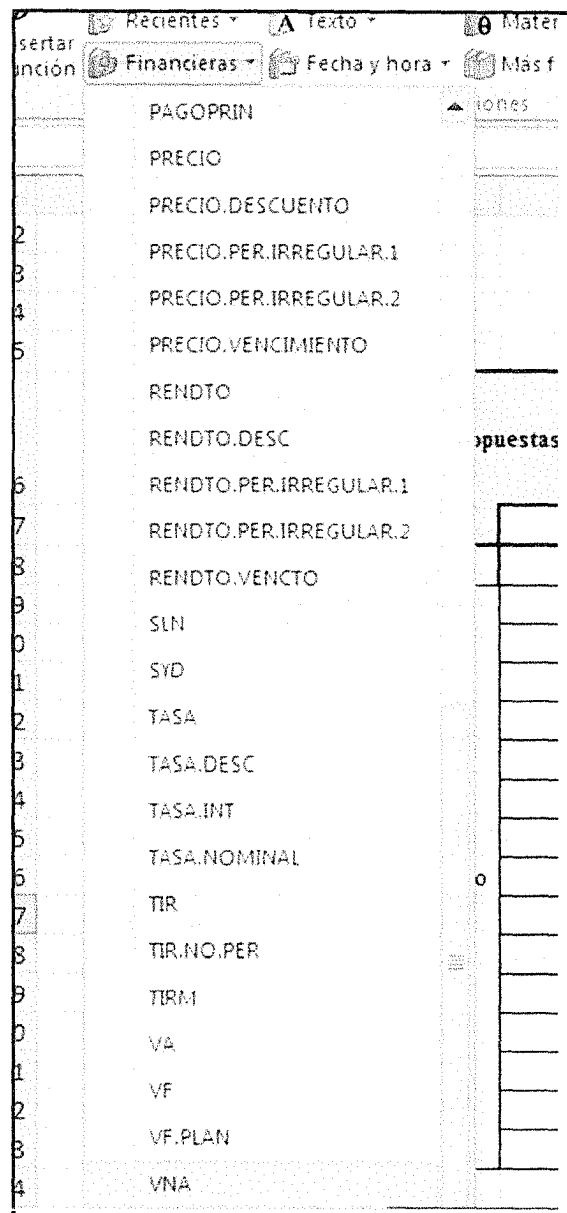
- Se colocan los datos en el programa discretizados según los años.

Propuestas		Tratamiento Primario	Tratamiento Primario y Secundario	Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección
	Año			
Inversión (\$)	1	1.274.449	2.000.000	2.005.000
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488	174.000	174.500
	3	148.488	174.000	174.500
	4	148.488	174.000	174.500
	5	148.488	174.000	174.500
	6	148.488	174.000	174.500
	7	148.488	174.000	174.500
	8	148.488	174.000	174.500
	9	148.488	174.000	174.500
	10	148.488	174.000	174.500
	11	148.488	174.000	174.500
	12	148.488	174.000	174.500
	13	148.488	174.000	174.500
	14	148.488	174.000	174.500
	15	148.488	174.000	174.500
	16	148.488	174.000	174.500

- Se procede a calcular el VPC haciendo uso de la ventana formulas financieras.



- Se escoge la correspondiente formula en este caso es VNA.



- Se procede a introducir los datos para el calculo del VPC, esto se realiza para cada uno de los tratamientos.

Propuestas	Tratamiento Primario	
	Año	
Inversión (\$)	1	1.274.449
Operación y mantenimiento (\$)	2	148.488
	3	148.488
	4	148.488
	5	148.488
	6	148.488
	7	148.488
	8	148.488
	9	148.488
	10	148.488
	11	148.488
	12	148.488
	13	148.488
	14	148.488
	15	148.488
	16	148.488

	174.000	174.500
	174.000	174.500

Argumentos de función

VNA

Tasa 0,12 = 0,12

Valor1 E28:E43 = {1274449; 148488; 148488; 148488; 1...}

Valor2 = número

= 2040875.577

Devuelve el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) y entradas (valores positivos).

Tasa: es la tasa de descuento durante un periodo.

Resultado de la fórmula = 2040875,577

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar Cancelar

- Ahora se procede a calcular el CAE, igualmente se va a fórmulas financieras y se escoge la opción PAGO.

fx

Σ Autosuma

Lógicas

Búsqueda y referencia

Recientes

Texto

Matemáticas y trigonométricas

Financieras

Fecha y hora

Más funciones

Insertar función

DVS

INT.ACUM

INT.ACUM.V

INT.EFECTIVO

INT.PAGO.DIR

LETRA.DE.TES.PRECIO

LETRA.DE.TES.RENDTO

LETRA.DE.TES.EQV.A.BONO

MONEDA.DEC

MONEDA.FRAC

NPER

PAGO

PAGO.INT

PAGO.PRIN

PAGOINT

PAGOPRIN

PRECIO

PRECIO.DESCUENTO

PRECIO.PER.IRREGULAR.1

PRECIO.PER.IRREGULAR.2

PRECIO.VENCIMIENTO

RENDTO

RENDTO.DESC

RENDTO.PER.IRREGULAR.1

RENDTO.PER.IRREGULAR.2

Propuestas

Tratamiento Primario

	Año	
	1	1.274.44
	2	148.488
	3	148.488
	9	148.488
	10	148.488
	11	148.488
	12	148.488
	13	148.488
	14	148.488
	15	148.488
	16	148.488

Bs. 2.040.8

PAGO(tasa;nper;va;vf;tipo)

Calcula el pago de un préstamo basado en pagos y tasa de interés constantes.

Presione F1 para obtener ayuda.

- Se selecciona y se introducen los valores pertinentes, esto se realiza para cada uno de los tratamientos propuestos.

Propuestas		Tratamiento Primario
	Año	
Inversión (\$) Operación y mantenimiento (\$)	1	1 274.449
	2	148.488
	3	148.488
	4	148.488
	5	148.488
	6	148.488
	7	148.488
	8	148.488
	9	148.488
	10	148.488
	11	148.488
	12	148.488
	13	148.488
	14	148.488
	15	148.488
	16	148.488

Bs. 2 040 875,58	=PAGO(0,12;16;E44)
------------------	--------------------

Argumentos de función

PAGO

Tasa 0,12 = 0,12

Nper 16 = 16

Va E44 = 2040875,577

Vf = 0

Tipo = 0

Calcula el pago de un préstamo basado en pagos y tasa de interés constantes.

Va es el valor actual: la cantidad total de una serie de pagos futuros.

Resultado de la fórmula = Bs. -292.641,19

Ayuda sobre esta función

Aceptar Cancelar

- Ahora se realiza la conversión de precios financieros a precios económicos, para esto se necesitó la relación precio cuenta colombiana, utilizando para la inversión una relación de 0,80 el cual corresponde a costos de construcción y para la operación y mantenimiento se empleara una de 0,60 que corresponde a mano de obra no calificada, esto bajo el supuesto que la operación y mantenimiento requieran mayoritariamente este tipo de mano de obra.
- Se calcula nuevamente el VPC Y EL CAE igual que el procedimiento anterior pero esta vez con los nuevos valores.
- Para el cálculo del beneficio ambiental primero se sumó el total de pobladores de las dos localidades.

Propuestas	DAP (S)	Población Engativa (hab)	Población Fontibón (hab)	Número total de familias (N°)	Beneficio Ambiental (S)
Calidad A	1,93	893.944	327.933	$=F56+G56$	5.659.725
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

- Luego se multiplicó el número total de habitantes por la disposición a pagar para cada opción.

Propuestas	DAP (S)	Población Engativa (hab)	Población Fontibón (hab)	Número total de familias (N°)	Beneficio Ambiental (S)
Calidad A	1,93	893.944	327.933	244.375	$=E56*H56$
Calidad B	4,22	893.944	327.933	244.375	12.375.150
Calidad C	5,04	893.944	327.933	244.375	14.779.800

***APÉNDICE 5.3. PONDERACIÓN PARTICULAR DE LOS ANÁLISIS: AMBIENTAL,
FINANCIERO, ECONÓMICO Y SOCIAL.***

Profesional Experto 1

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,143	
Tratamiento Primario y Secundario	,286	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,571	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,200	
Tratamiento Primario y Secundario	,400	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,400	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,143	
Tratamiento Primario y Secundario	,429	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,429	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional Experto 2

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,051	
Tratamiento Primario y Secundario	,227	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,722	

Inconsistency = 0,20
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,693	
Tratamiento Primario y Secundario	,220	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,087	

Inconsistency = 0,21
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,071	
Tratamiento Primario y Secundario	,206	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,723	

Inconsistency = 0,28
with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,
with 0 missing judgments.

Profesional Experto 3

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,082	
Tratamiento Primario y Secundario	,736	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,682	
Inconsistency = 0,10 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,123	
Tratamiento Primario y Secundario	,170	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,707	
Inconsistency = 0,13 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,106	
Tratamiento Primario y Secundario	,193	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,701	
Inconsistency = 0,00877 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	
Inconsistency = 0, with 0 missing judgments.		

Profesional Experto 4

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,126	
Tratamiento Primario y Secundario	,416	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,458	
Inconsistency = 0,00877 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,550	
Tratamiento Primario y Secundario	,240	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,210	
Inconsistency = 0,02 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,413	
Tratamiento Primario y Secundario	,327	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,260	
Inconsistency = 0,05 with 0 missing judgments.		

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	
Inconsistency = 0, with 0 missing judgments.		

Profesional Experto 5

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,160	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,792	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 6

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,048	
Tratamiento Primario y Secundario	,191	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,761	

Inconsistency = 0,31

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,157	
Tratamiento Primario y Secundario	,249	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,594	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,077	
Tratamiento Primario y Secundario	,382	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,542	

Inconsistency = 0,11

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 7

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,066	
Tratamiento Primario y Secundario	,717	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,717	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,717	
Tratamiento Primario y Secundario	,066	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,717	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,050	
Tratamiento Primario y Secundario	,221	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,729	

Inconsistency = 0,35

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 8

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,140	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,528	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,540	
Tratamiento Primario y Secundario	,297	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,163	

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,157	
Tratamiento Primario y Secundario	,249	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,594	

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional Experto 9

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,157

Tratamiento Primario y Secundario ,249

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,594

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,163

Tratamiento Primario y Secundario ,297

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,540

Inconsistency = 0,00877

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,097

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,570

Inconsistency = 0,02

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 1

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario ,047

Tratamiento Primario y Secundario ,178

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,725

Inconsistency = 0,36

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario ,117

Tratamiento Primario y Secundario ,268

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,614

Inconsistency = 0,07

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario ,058

Tratamiento Primario y Secundario ,278

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,663

Inconsistency = 0,05

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario ,333

Tratamiento Primario y Secundario ,333

Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección ,333

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 2

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,055	
Tratamiento Primario y Secundario	,307	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,638	

Inconsistency = 0,13

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,500	
Tratamiento Primario y Secundario	,250	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,250	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,101	
Tratamiento Primario y Secundario	,255	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,643	

Inconsistency = 0,21

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 3

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario	,042	
Tratamiento Primario y Secundario	,180	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,778	

Inconsistency = 0,53

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario	,500	
Tratamiento Primario y Secundario	,250	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,250	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario	,122	
Tratamiento Primario y Secundario	,320	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,558	

Inconsistency = 0,02

with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario	,333	
Tratamiento Primario y Secundario	,333	
Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección	,333	

Inconsistency = 0,

with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 4

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario .065
 Tratamiento Primario y Secundario .199
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .736

Inconsistency = 0.23
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario .667
 Tratamiento Primario y Secundario .167
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .167

Inconsistency = 0.
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario .089
 Tratamiento Primario y Secundario .323
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .588

Inconsistency = 0.00877
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario .333
 Tratamiento Primario y Secundario .333
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .333

Inconsistency = 0.
 with 0 missing judgments.

Profesional No Experto 5

Punto de vista desde el análisis ambiental

Tratamiento Primario .089
 Tratamiento Primario y Secundario .323
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .588

Inconsistency = 0.00877
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis financiero

Tratamiento Primario .584
 Tratamiento Primario y Secundario .232
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .184

Inconsistency = 0.05
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis económico

Tratamiento Primario .149
 Tratamiento Primario y Secundario .376
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .474

Inconsistency = 0.05
 with 0 missing judgments.

Punto de vista desde el análisis social

Tratamiento Primario .333
 Tratamiento Primario y Secundario .333
 Tratamiento Primario, Secundario y Desinfección .333

Inconsistency = 0.
 with 0 missing judgments.