

**Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial**



**“Propuesta de un modelo multicriterio para la priorización de inversión de la cartera de proyectos de Esva S.A.”**

Por:

**Cecilia Victoria Tapia Maluenda**

Trabajo de Título Para Optar al Grado de  
Licenciado en las Ciencias de la Ingeniería y título de  
Ingeniería Civil Industrial

Profesor Guía: Erik Alejandro Schulze González

Diciembre 2017

*“Cuando te comprometes profundamente con lo que estás haciendo,  
cuando tus acciones son gratas para ti y, al mismo tiempo útiles para otros,  
cuando no te cansas de buscar la dulce satisfacción de tu vida y de tu trabajo,  
estás haciendo aquello para lo que naciste”*

*Gary Zukay*

*A mis padres:  
Cecilia y Emilio por sus sabios consejos  
Y estribar mis decisiones*

*A mis hermanos y sobrinos por su cariño y energía*

*A Gonzalo por su incondicional apoyo y su paciencia*

Nota: El presente documento contiene información confidencial de la compañía y su utilización corresponde exclusivamente a fines académicos.

## Índice

1.	Introducción: .....	14
2.	Situación actual. ....	15
2.1	Descripción de la empresa.....	15
2.2	Mercado y cobertura .....	17
2.3	Diagrama del proceso .....	19
2.3.1	Macro proceso: Gestión de la inversión.....	20
2.3.2	Diagrama del proceso de planificación de la inversión.....	21
2.4	Identificación y explicación del problema:.....	24
2.4.1	Antecedentes del problema: .....	24
2.5	Estructuración del problema con ARA. ....	27
2.5.1	Efectos indeseados.....	27
2.5.2	Causa raíz:.....	28
2.5.3	Esquema ARA: árbol de la realidad actual. ....	31
2.5.4	Matriz Vester.....	32
2.5.5	Descripción del problema .....	34
2.5.6	Solución planteada en la investigación.....	34
2.6	Objetivos .....	35
2.6.1	Objetivo general.....	35
2.6.2	Objetivo específico.....	35
2.6.3	Resultados esperados. ....	35
3.	Estado del arte.....	36
3.1	Teoría de la toma de decisiones: .....	36
3.1.1	Elementos necesarios para tomar una decisión. ....	36
3.1.2	Etapas necesarias para tomar una decisión.....	37
3.1.3	Tipo de decisiones. ....	38
3.2	Técnicas de resolución del problema:.....	41
3.2.1	Análisis de decisión multiatributo (M.C.D.A).....	43
3.2.2	Metodología seleccionada: .....	48
4.	Metodología: .....	49
4.1	Priorización de proyectos de inversión con AHP: .....	49
4.2	Construcción de la jerarquía: .....	50
4.3	Realizar juicios de valor: .....	51
4.4	Emitir juicios de los proyectos respecto de los criterios:.....	51
4.5	Consistencia en comparación de pares: .....	53

4.6	Consistencia global: .....	55
4.7	Ranking de las alternativas de acuerdo a los pesos dados .....	55
5.	Desarrollo y análisis de los resultados: .....	56
5.1	Priorización de proyectos de inversión con AHP .....	56
5.1.1	Construcción de la jerarquía: .....	56
5.1.2	Realizar juicios de valor: .....	58
5.1.3	Emitir juicios de los proyectos respecto de los criterios:.....	63
5.1.4	Consistencia en la comparación de pares: .....	64
5.1.5	Consistencia global: .....	65
5.1.6	Ranking de las alternativas de acuerdo a los pesos dados .....	66
6.	Validación: .....	68
7.	Conclusiones: .....	72
8.	Bibliografía: .....	74
9.	Anexos: .....	75
9.1	Encuesta efectos indeseados: .....	75
9.2	Matriz Vester: .....	76
9.3	Riesgo corporativo: .....	77
9.4	Listado de indicadores .....	82
9.5	Descripción indicadores .....	84
9.6	Fórmulas de indicadores técnicos:.....	87
9.7	Cálculos de prioridad: .....	91
9.8	Valores indicadores:.....	93
9.9	Valores indicadores:.....	101

**Glosario:**

Área de concesión: es el área geográfica delimitada en extensión territorial y costa, donde existe obligatoriedad de servicio para las concesionarias de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas. (Artículo 53 de la Ley General de Servicios Sanitarios).

*Business plan*: en español, plan de negocios, corresponde a los proyectos que se pretenden realizar en un determinado plazo.

Canje: acción de intercambiar cosas bajo ciertas condiciones. En el caso de este trabajo, se considerará canje a la acción de intercambiar un proyecto, por la realización de otro, con el fin de mantener el presupuesto. (Después revisar)

*CapEx*: en inglés *Capital expenditures* o inversiones en bienes de capital. Son inversiones de capital que se utiliza para adquirir o mejorar los activos productivos con el fin de aumentar la capacidad o eficiencia de una empresa.

Coagulación: la coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo. La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro (cloruro férrico) y aluminio. (Cita textual)

Comité CapEx: grupo de trabajo encargado de la revisión de las propuestas a business plan, considerando las evaluaciones del CapEx. Este está compuesto por los 8 gerentes de la compañía.

Comité de portafolio: grupo de trabajo encargado de la revisión de las propuestas al business plan considerando las infraestructuras pertenecientes a un mismo portafolio, con el fin de reconocer aquellas que técnicamente son más necesarias. Está compuesto por gerentes y subgerentes.

Compañía: se refiere a la asociación o unión de sociedades o personas. Para el caso de este trabajo, el término compañía se utilizará para referirse al conjunto de las empresas Esva y Aguas del Valle.

Conducciones agua potable: corresponde al conjunto compuesto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua potable desde la fuente de abastecimiento, hasta el centro de distribución.

Conducciones agua servidas: corresponde al conjunto compuesto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua servidas desde el cliente, a las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Criterios de riesgo: son aquellos atributos que evalúan la posibilidad que alguna amenaza se materialice.

Criterios económicos: son aquellos atributos que evalúan el desempeño de un determinado proyecto o empresa respecto de la solvencia, estabilidad, productividad y rentabilidad.

**Criterios técnicos:** son aquellos atributos que evalúan la factibilidad de realización del proyecto u alternativa. Evalúa con qué medios se puede obtener un fin.

**Decantación:** técnica que permite separar un sólido mezclado heterogéneamente con un líquido en el que es insoluble, o bien dos líquidos inmiscibles (que no se pueden mezclar homogéneamente con densidades diferentes).

**Desinfección:** eliminación de microorganismos que infectan o que pueden provocar una infección en un cuerpo. En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos.

**Directorio:** estructura integrada por directores con la función de dirigir una organización de manera conjunta.

**Filtración:** es el proceso de pasar un fluido por un medio poroso con el fin de retener las impurezas que se encuentren en suspensión.

**Floculación:** es un proceso químico, mediante el cual se adicionan sustancias denominadas floculantes, con el fin de aglutinar sustancias que se encuentren presentes en el agua, aumentando su volumen y densidad de forma que puedan decantar.

**Gerencias promotoras de proyectos:** son aquellas gerencias que inician o fomentan la realización de un proyecto.

**Gestión de proyectos:** es una rama de la ciencia de la administración que trata la planificación y control de proyectos orientándolos de principio a fin

**Inversión:** corresponde a una colocación de capital con el fin de obtener una ganancia futura.

**OpEx:** en inglés *Operating Expense*, es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

**Planta elevadora de agua potable:** son instalaciones y estructuras destinadas a elevar el agua potable desde un nivel energético a un nivel energético mayor. Para posteriormente se puedan transportar por gravedad.

**Planta elevadora de aguas servidas:** son instalaciones y estructuras destinadas a elevar las aguas servidas desde un nivel energético a un nivel energético mayor. Para posteriormente se puedan transportar por gravedad.

**Plan de desarrollo:** los planes de desarrollo son la principal herramienta de planificación del sector sanitario, mediante los cuales se evalúan, identifican y programan las obras que permiten satisfacer la demanda de servicios de agua potable y alcantarillado de la población, asegurando la oportuna ejecución de las obras, y por lo tanto la calidad de servicio, en el mediano y largo plazo.

**Portafolios de inversión:** corresponde al conjunto de activos financieros en los cuales invierte una empresa y que implican un capital del que se espera obtener un cierto rendimiento.

Plantas de tratamiento de agua potable: son instalaciones y estructuras destinadas a tratar el agua captada desde las fuentes con la finalidad de generar agua potable.

Plantas de tratamiento de aguas servidas: son instalaciones y estructuras destinadas a tratar las aguas servidas con la finalidad de poder reincorporarlas al flujo o cauce natural.

Priorizar: es la acción de definir una prioridad de un proyecto frente a otro, en términos de cuanto mejor es una alternativa respecto de otra y se requiere un proceso de evaluación.

Redes de agua potable: corresponde al conjunto compuesto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua potable desde el centro de distribución, hasta los consumidores.

Redes de aguas servidas: corresponde al conjunto compuesto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte de las aguas servidas desde el consumidor de agua potable, hasta las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Saco: denominación utilizada en el proceso de inversión para referirse a proyectos que han postulado al plan de inversiones solicitando un monto adicional al realmente requerido.

Suplemento: concepto utilizado en el proceso de inversión para referirse a la solicitud de un monto adicional al requerido inicialmente para poder completar el proyecto, ya que se encuentra carente de recursos económicos.

**Lista de Abreviaturas o Siglas**

AHP: *analytics hierarchy process*.

B.P.: *business plan*.

CapEx: *capital expenditures*.

OpEx: *operating expense*.

O.T.P.P.: *Ontario Teachers' Pension Plan*.

P.D.: *plan de desarrollo*.

P.E.A.P.: *planta elevadora de agua potable*.

P.E.A.S.: *planta elevadora de aguas servidas*.

PROMETHEE: *preference ranking organisation methods for enrichment*

P.T.A.P.: *planta de tratamiento de agua potable*.

P.T.A.S.: *planta de tratamiento de aguas servidas*.

S.I.S.S.: *superintendencia de servicios sanitarios*.

## Lista de Figuras

Figura 2.1: Organigrama Esval S.A.....	16
Figura 2.2: Proceso de potabilización del agua y descontaminación de aguas servidas.....	17
Figura 2.3: Mapa del área de concesión .....	18
Figura 2.4: Evolución clientes compañía .....	18
Figura 2.5: Agua potable facturada en la compañía 2015.....	19
Figura 2.6: Diagrama general macro proceso. ....	20
Figura 2.7: Proceso planificación de la inversión antiguo. ....	21
Figura 2.8: Proceso planificación de la inversión actual.....	23
Figura 2.9: Inversión real v/s presupuestada .....	25
Figura 2.10: Montos postulados v/s presupuestados del plan de inversiones .....	27
Figura 2.11: Efectos indeseados. ....	28
Figura 2.12: Esquema ARA.....	31
Figura 2.13: Ejemplo categorización causalidad. ....	33
Figura 2.14: Gráfica de Vester. ....	34
Figura 3.1: Etapas de la toma de decisión. ....	37
Figura 3.2: Tipo de decisiones por nivel organizacional.....	39
Figura 3.3: Métodos según tipo de problema .....	42
Figura 4.1: Árbol de jerarquía tipo. ....	50
Figura 5.1: Jerarquía elaboración propuesta business plan.....	57
Figura 6.1: Relación VAN e Impacto modelo propuesto .....	70
Figura 6.2: Relación VAN e Impacto modelo actual.....	71

## Lista de Tablas

Tabla 2.1: Montos asignados en proyectos no realizados. ....	26
Tabla 2.2: Montos asignados en proyectos no presupuestados inicialmente. ....	26
Tabla 2.3: Efectos indeseados. ....	28
Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de las metodologías multicriterio .....	46
Tabla 4.1: Escala de Thomas Saaty.....	51
Tabla 4.2: Valores para explicar normalización en indicadores de rendimiento .....	52
Tabla 4.3: Ejemplo cálculo normalización indicadores de rendimiento. ....	52
Tabla 4.4: Ejemplo cálculo consistencia comparación pares. ....	53
Tabla 4.5: Índice aleatorio según tamaño de matriz.....	54
Tabla 4.6: Ejemplo cálculo ranking.....	55
Tabla 5.1: Producción juicios de valor para los criterios nivel 2 .....	58
Tabla 5.2: Resumen juicios de valor para los criterios nivel 2.....	59
Tabla 5.3 Producción- crecimiento juicios de valor para los sub criterios nivel 3.....	59
Tabla 5.4: Resumen juicios de valor para los sub criterios nivel 3.....	60
Tabla 5.5: Resumen vector prioridad nivel 2 .....	61
Tabla 5.6: Resumen vector prioridad crecimiento respecto del nivel 3 .....	62
Tabla 5.7: Resumen vector prioridad mejoramiento respecto del nivel 3.....	62
Tabla 5.8: Resumen vector prioridad reposición respecto del nivel 3 .....	62
Tabla 5.9: Razón de consistencia para cada una de las matrices comparación de pares.....	64
Tabla 5.10: Resumen consistencias globales para cada portafolio. ....	65
Tabla 5.11: Ejemplo proyecto.....	66
Tabla 5.12: Ejemplo cálculo priorización.....	66
Tabla 5.13: Resumen montos anuales del presupuesto quinquenal.....	67
Tabla 5.14: Resumen distribución proyectos según portafolio.....	67
Tabla 6.1: Comparación modelos actual v/s propuesto. ....	68
Tabla 6.2: Comparación indicadores técnicos en modelo actual v/s propuesto.....	69
Tabla 9.1: Matriz Vester. ....	76
Tabla 9.2: Métrica de impacto medio ambiental.....	77
Tabla 9.3: Métrica de impacto financiero.....	78
Tabla 9.4: Métrica de impacto en la comunidad e imagen .....	78
Tabla 9.5: Métrica de impacto en clientes .....	79
Tabla 9.6: Métrica de impacto en salud y seguridad .....	79
Tabla 9.7: Métrica de impacto en el cumplimiento normativo .....	80
Tabla 9.8: Métrica de impacto en la administración .....	80
Tabla 9.9: Métrica de probabilidad. ....	81
Tabla 9.10: Listado de indicadores.....	82
Tabla 9.11: Descripción indicadores. ....	84
Tabla 9.12: Fórmulas indicadores técnicos. ....	87
Tabla 9.13: Escala de Thomas Saaty.....	91
Tabla 9.14: Valor indicadores.....	93

## Resumen:

El presente trabajo investigativo fue desarrollado en la empresa Esva S.A específicamente en el proceso de planificación de las inversiones, y se contó con la autorización y colaboración de los trabajadores de la empresa

El propósito fue proponer una mejora para el proceso de selección de inversiones en respuesta a la subjetividad con que se seleccionan para la cartera de proyectos y actuales inconvenientes que ello presenta.

La siguiente investigación desarrolla y propone como herramienta de apoyo para la selección de inversiones, un modelo matemático basado en AHP, Analytics Hierarchy Process, creado por Thomas Saaty. Para el diseño de este modelo, se realizó un análisis exhaustivo de los tipos de proyectos de inversión que postulan en Esva, elementos que los caracterizan, y a que necesidad de la empresa atienden, considerando a su vez el objetivo global de la empresa de manera de poder plasmar las variables del sistema, en el modelo de forma objetiva.

Finalmente, se realizó una verificación de las bondades del modelo propuesto y la facilidad de la utilización del mismo, mediante el análisis de indicadores obtenidos en los factores técnicos, económicos y de riesgo para la compañía además del impacto que genera para la compañía el desarrollo de los proyectos seleccionados en el cumplimiento de los objetivos de la compañía.

En síntesis, esta investigación constituye una herramienta y aporte a la innovación en la selección de proyectos para la cartera de inversiones de manera objetiva, sencilla, flexible según los objetivos que persiga la empresa.

Palabras claves: priorización, inversiones, cartera de proyectos, sanitarias, análisis multicriterio, *analytics hierarchy process*.

## **Abstract:**

The present investigative work was developed at Esva S.A, specifically on the investment planning process, and it had the authorization and collaboration of the company's workers.

The purpose was to propose an improvement on the investment selection process in response to the subjectivity in the selection of portfolio projects and current drawbacks that this situation presents.

The following research is developed and proposed as a support tool for the selection of investments, a mathematical model based on AHP (Analytics Hierarchy Process) created by Thomas Saaty. For the design of this model, an exhaustive analysis of the types of investment projects that are published in Esva was conducted, reviewing elements that characterize them, that need attention from the company, considering that it is the global objective of the company, in order to capture the system variables in the model objectively.

Finally, a verification of the benefits of the proposed model and the ease of its use was made by analyzing the technical, economic and risk indicators of the company, as well as the impact that the development of the selected projects generates on the company in the fulfillment of the company's objectives.

In short, this research is a tool and an element of innovation in the selection of projects for the investment portfolio in an objective, simple, flexible manner according to the objectives pursued by the company.

**Keywords:** prioritization, investments, project portfolio, health, multicriteria analysis, analytical hierarchy process.

## 1. Introducción:

Para que una empresa pueda subsistir en el mercado, y obtener rentabilidades, ha de ser muy cuidadoso en los proyectos que invertirá, más aún cuando los recursos con los que cuenta, son limitados. Debe ser capaz de anticiparse a eventualidades que puedan ocurrir, satisfacer necesidades y perseguir sus objetivos, además de cumplir con aspectos sociales, políticos y normativas legales.

Seleccionar los proyectos que se realizarán en algunas situaciones puede ser fácil, por ejemplo, cuando existe un único criterio, como el económico, donde es posible discriminar por el que genere mayor utilidad, o menor tiempo de retorno de la inversión. Pero cuando existen restricciones y una serie de criterios que apoyan la decisión de realización de éstos, en este sentido el problema se traduce en una decisión multicriterio.

Esval tiene muy claro esta situación, y, en la gestión de proyectos, toma un rol fundamental la priorización de las inversiones, siendo relevante contar con herramientas que apoyen en esta tarea, de manera que los recursos sean distribuidos en proyectos que generen un mayor impacto en los objetivos que se persiguen.

Por lo anterior se pretende entregar como propuesta, una herramienta de apoyo en la toma de decisiones enfocada a la priorización de inversiones de capital y por medio de un análisis de la realidad actual, diagrama actual del proceso, recopilación y limpieza de datos, obtener una priorización de inversiones y comparar la propuesta con la priorización deseada por los comités de portafolio y comité CapEx., contribuyendo a una mejora en el sistema de priorización actual.

## 2. Situación actual.

### 2.1 Descripción de la empresa

La empresa sanitaria Esva S.A se dedica a la producción y distribución del agua potable y a la recolección, tratamiento y disposición del agua servidas y efectuar además prestaciones relacionadas con dichas actividades, en la forma y condiciones establecidas en la ley que autoriza su creación y otras normas que le sean aplicables.

Esva S.A es una empresa del sector primario y obtuvo ingresos el año 2015 alrededor de M\$ 161.500.000. Mantiene una dotación de 857 trabajadores, de los cuales 41 son gerentes y ejecutivos, por lo cual se clasifica como una gran empresa.

En 1989 la empresa pública pasa a ser una empresa de capitales privados. Y el año 2007 *Ontario Teachers' Pension Plan* adquiere un 69,7% de sus acciones, siendo el accionista mayoritario hasta la actualidad.

- Misión:

“Ir más allá de las expectativas de nuestros clientes, generando valor en forma sostenible”.

- Visión:

“Mejorar la calidad de vida de las personas, contribuyendo al desarrollo regional, con un equipo comprometido con la excelencia en la gestión integral del agua”.

- Política Integrada:

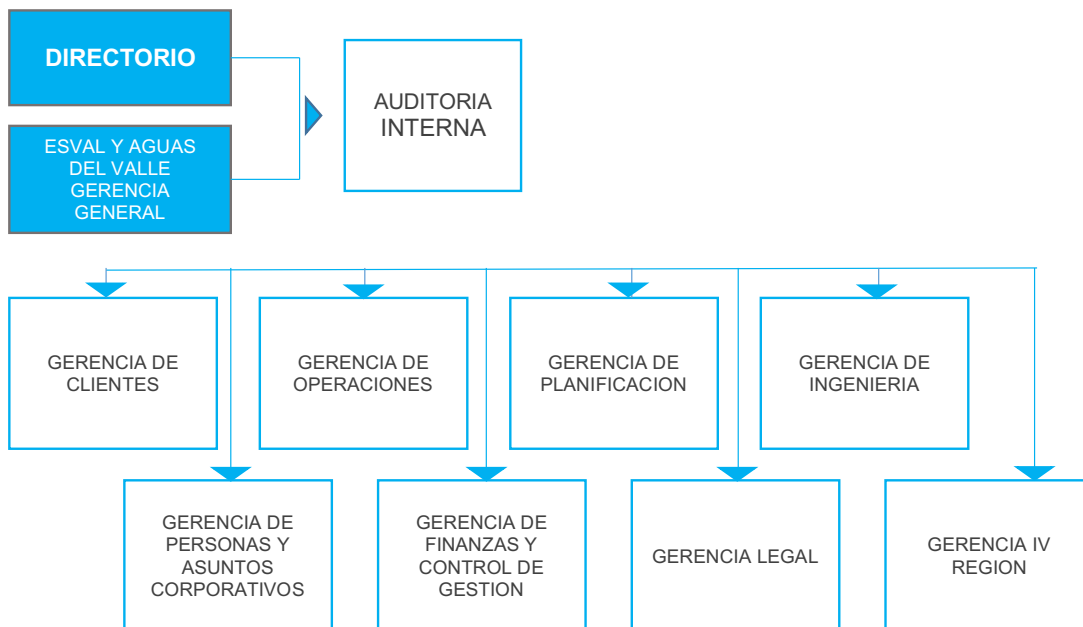
“Esva S.A empresa de servicios sanitarios, desarrolla procesos de producción y distribución de agua potable, recolección y tratamiento de aguas servidas en la región de Valparaíso, incorporando en su gestión de calidad en sus procesos, la protección y preservación del medio ambiente y la seguridad y salud ocupacional mediante la adopción de los siguientes compromisos:

- Entregar el mejor servicio a todos sus clientes, aportando a la comunidad en salud, calidad de vida y desarrollo regional.
- Cumplir con las leyes, regulaciones y compromisos voluntarios, suscritos por la organización.
- Adoptar una estrategia de mejoramiento continuidad de procesos desarrollados por la organización.
- Prevenir la contaminación, reduciendo la generación de residuos, reciclándolos o disponiéndolos adecuadamente.
- Prevenir la ocurrencia de lesiones y enfermedades de origen laboral, que afecten a nuestros trabajadores y partes interesadas.
- Contribuir a la gestión integrada de las cuencas hidrográficas y del borde costero y al desarrollo sustentable de la región de Valparaíso a través de la participación activa de las instancias afines que se generen; mejorando por esta vía la calidad de vida de sus habitantes.

- Privilegiar el uso de las mejores prácticas, ambientales y de seguridad con las tecnologías disponibles, asociadas a la prestación del servicio.
- Comprometer gradualmente a sus contratistas y proveedores para que su desempeño en materias de calidad, medioambiente seguridad y salud ocupacional sean coherentes con los lineamientos de esta política; en las actividades y servicios que presten a la organización.

El cumplimiento exitoso de esta política, implica el aporte de todos los estamentos de la organización siendo la administración responsable por su divulgación y promoción”

A continuación, en la Figura 2.1 se puede observar la estructura organizacional de Esvál S.A.



**Figura 2.1: Organigrama Esvál S.A**

Fuente: Elaboración propia en base al “Informe financiero Esvál S.A 2015” y actualización información 2016.

Para entender de mejor manera la concepción de los proyectos, se explicará a continuación el proceso de potabilización del agua y el tratamiento de las aguas servidas. Al observar la Figura 2.2 se puede distinguir 3 fases:

La primera fase corresponde a la captación de agua y tratamiento de ésta, se somete a los siguientes procesos: retiro del material sólido flotante, decantación, coagulación, floculación, filtración, desinfección, floculación, para así finalmente obtener agua potable la cual es almacenada en los estanques.

La segunda fase corresponde a la distribución del agua potable y recolección de aguas servidas, es decir se transportan las aguas, y se mide el consumo de éstas para posteriormente hacer el cobro.

La última fase, corresponde al tratamiento del agua servida, en ella se descontamina el agua en las plantas de tratamiento, para luego reincorporarla en los cauces naturales, y los residuos de este tratamiento son tratados por lodos activados, lagunas aireadas y emisarios submarinos.



**Figura 2.2: Proceso de potabilización del agua y descontaminación de aguas servidas.**

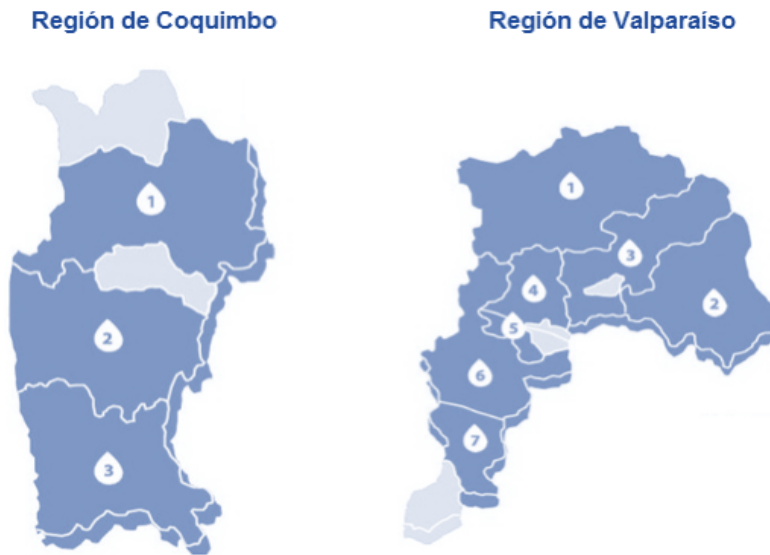
Fuente: "Reporte Integrado Corporativo Esva S.A 2014".

## 2.2 Mercado y cobertura

Esva S.A abarca en su área de concesión a casi la totalidad de la zona urbana de la región de Valparaíso.

En la Figura 2.3, se puede observar en la región de Valparaíso aquellas provincias en las cuales está presente: (1) Petorca, (2) Los Andes, (3) San Felipe, (4) Quillota, (5) Marga-Marga, (6) Valparaíso y (7) San Antonio. Los sectores fuera del área de concesión son Santo Domingo, Olmué y Panquehue.

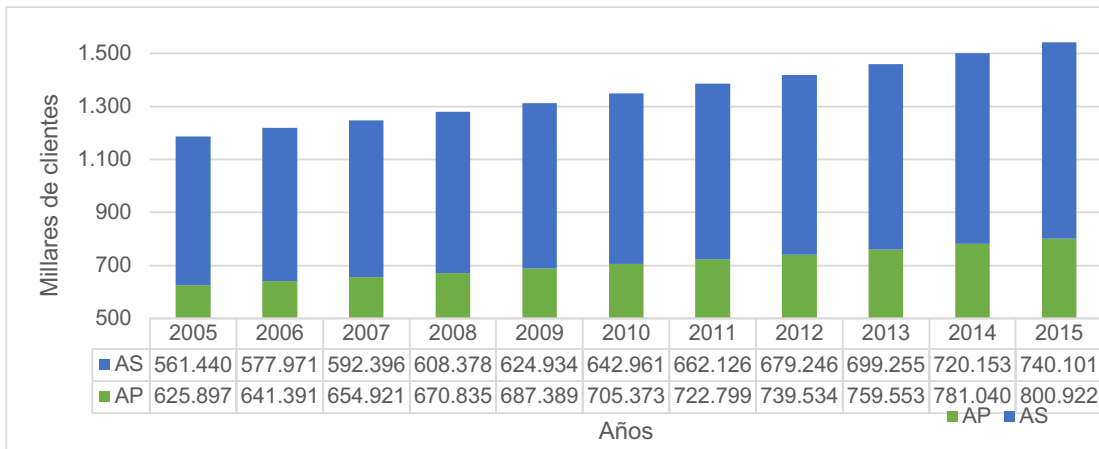
Además, se encarga de la administración de su filial Aguas del Valle, sanitaria de la cuarta región. En la Figura 2.3 se puede observar en la región de Coquimbo aquellas provincias en las cuales está presente: (1) Elqui, (2) Limarí y (3) Choapa contando con trece comunas de la región de Coquimbo. Los sectores fuera del área de concesión son las comunas de La Higuera, en la provincia del Elqui, y Río Hurtado, en la provincia de Limarí.



**Figura 2.3: Mapa del área de concesión**

Fuente: "Reporte Integrado Corporativo Esvál S.A 2014".

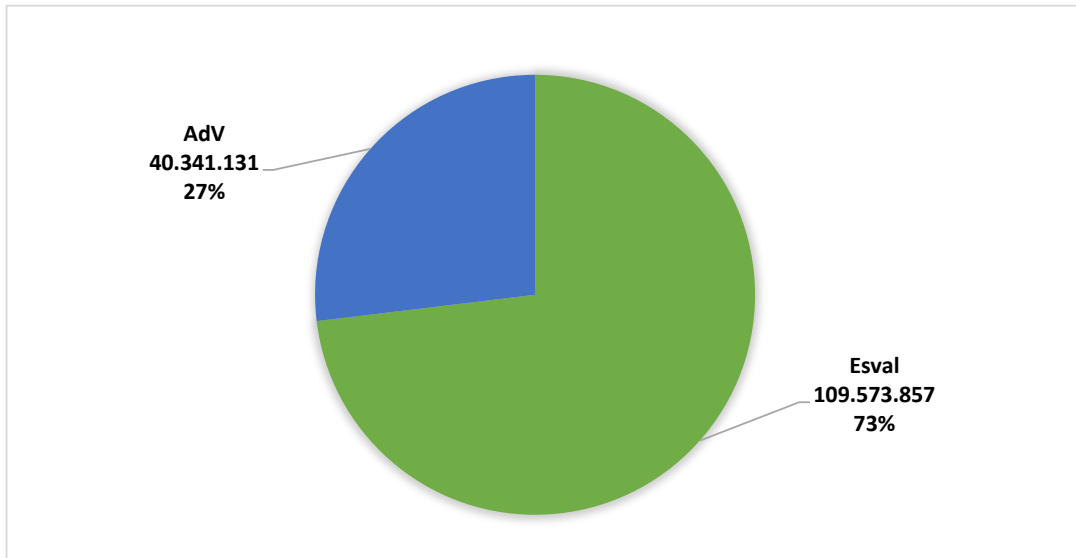
Durante el año 2015 la compañía tuvo un promedio de clientes de agua potable (A.P.) de 800.922 y 740.101 para el caso de aguas servidas (A.S.). Experimentando respecto del año anterior un crecimiento del 2,5% y 2,8% respectivamente. En la Figura 2.4 se puede observar la evolución de los clientes conforme el paso del tiempo.



**Figura 2.4: Evolución clientes compañía**

Fuente: elaboración propia.

Si se traduce esta demanda en metros cúbicos representa: 149.914.988 metros cúbicos de agua potable y 132.147.864 metros cúbicos de aguas servidas. En la Figura 2.5 se pueden observar los metros cúbicos de agua potable facturada por la compañía y su respectivo porcentaje, separando tanto AdV y Esva S.A para el año 2015.



**Figura 2.5: Agua potable facturada en la compañía 2015**

Fuente: Elaboración propia

Es un monopolio legal de recursos naturales, y como tal, la legislación vigente establece que están sujetos a la supervisión y regulación del organismo estatal Superintendencia de Servicios Sanitarios.

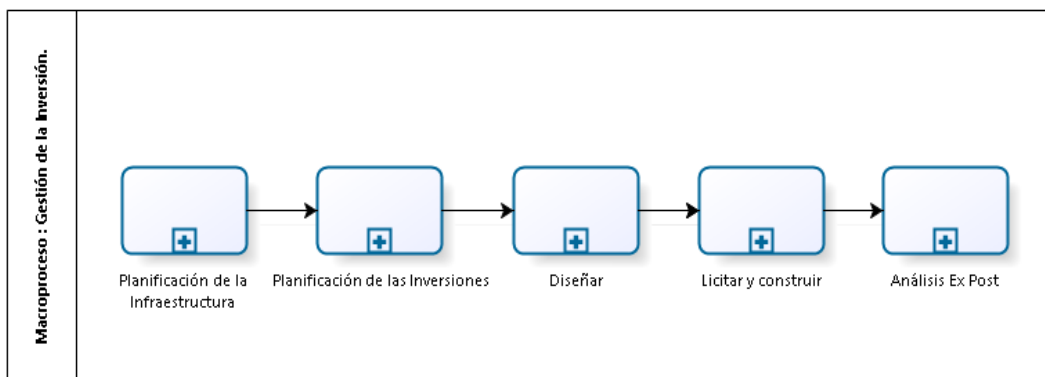
La sociedad además presta servicios de agua potable y servida fuera del área de concesión permitiendo llegar a otras localidades en base a convenios suscritos con las comunidades de Algarrobo Norte, Mirasol y Las Brisas.

### **2.3 Diagrama del proceso**

Entonces, entendiendo la descripción de la empresa, misión, visión, objetivo de la compañía, y cobertura, se procederá a explicar el proceso de gestión de la inversión, en el cual, se basa la planificación de la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la compañía, y, posteriormente, se detallará el subproceso de planificación de las inversiones, donde se desarrollará el presente trabajo.

### 2.3.1 Macro proceso: Gestión de la inversión.

En la Figura 2.6 se puede observar el macro proceso y a continuación se detallará en grandes rasgos en que consiste cada uno.



**Figura 2.6: Diagrama general macro proceso.**

Fuente: Elaboración Propia.

En términos generales las inversiones se organizan de la siguiente manera:

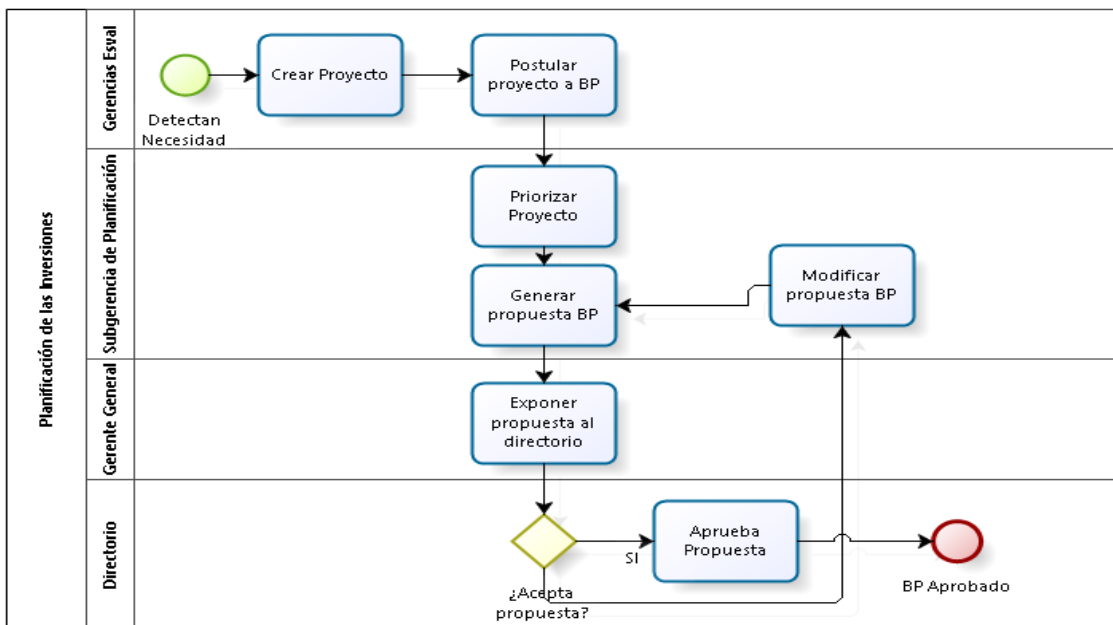
- a) **Planificar infraestructura:** en este proceso, según antecedentes de proyección de demanda, validación y diagnóstico de la infraestructura, se detecta la necesidad de nueva infraestructura, posibilidades de mejora u oportunidades de inversión, de manera de satisfacer la continuidad y calidad del servicio. Se identifican diversas alternativas y luego se selecciona la mejor solución entre las identificadas para postularlas al plan de inversión.
- b) **Planificación de la inversión:** se recibe la postulación de proyectos orientados a satisfacer la planificación de la infraestructura, se realiza una priorización de éstos y se presenta al directorio la propuesta del plan de inversión (B.P.) para su aprobación.
- c) **Diseñar:** una vez aprobado el plan de inversiones, se debe diseñar los proyectos a ejecutar.
- d) **Licitación y Construcción:** con los diseños ya realizados, se licita cada una de las obras necesarias para realizar los proyectos, y se ejecutan.
- e) **Evaluación Ex post:** se realiza una evaluación posterior a la realización del proyecto para analizar aquellos resultados que se esperaban y lo que realmente se obtuvo, para así poder ajustar aquellos inconvenientes que pueden resultar.

### 2.3.2 Diagrama del proceso de planificación de la inversión

Hasta el año 2015 el proceso de planificación de la inversión se realizaba de la siguiente manera:

De las distintas gerencias de Esva, se detectan necesidades de infraestructura, y equipamiento, y, para satisfacerlas, se generan proyectos. Éstos los postulan al plan de inversión. Luego, es la subgerencia de planificación la encargada de realizar la priorización de los proyectos, quienes, a través de una junta de expertos, generan la propuesta del plan de inversión, que es entregada al gerente general, quien la expone al directorio. Éste último es el encargado de aprobarlo, o solicitar que lo modifiquen para su aprobación.

A continuación, en la Figura 2.7 se puede observar el diagrama:



**Figura 2.7: Proceso planificación de la inversión antiguo.**

Fuente: Elaboración Propia

En el año 2016 el proceso es modificado, ya que la optimización en la asignación de recursos no recae solamente en el conocimiento sesgado del evaluador, en este caso la subgerencia de planificación, ya que la excesiva confianza y una técnica aplicada sin criterio, puede llevar a cometer errores, por lo cual se debe considerar una perspectiva integral para lograr la finalidad última del proceso: una eficiente asignación de recursos.

A continuación, se explica la actual manera de proceder al proceso de planificación de la inversión, recayendo de igual manera la responsabilidad en la subgerencia de planificación, pero agregando otros actores más que aportan a esta perspectiva integral.

Como pueden observar en la Figura 2.8, de las distintas gerencias de Esvál, se detectan necesidades de infraestructura, y para satisfacerlas, se generan proyectos. Éstos son postulados al plan de inversión en conjunto con información que será relevante para realizar la evaluación técnica, de riesgo y financiera, en la priorización y posterior selección de ellos.

Esta información la analiza la subgerencia de planificación, de tal forma de seleccionar aquellos proyectos que tienen un mayor impacto para alcanzar los objetivos, formulando la propuesta para el B.P. Dicha propuesta la expone al comité de portafolio, quien puede validarla, o bien rechazarla y pedir a la subgerencia de planificación su modificación, considerando las sugerencias que proponen. Para ambos casos se obtendrá una propuesta del B.P aprobada por el comité de portafolio.

De manera similar a la anterior, la subgerencia de planificación expondrá al comité CapEx la propuesta aprobada por el comité de portafolio. El comité CapEx tendrá la opción de validar o rechazar la propuesta. Si es rechazada, la subgerencia de planificación deberá hacer las modificaciones propuestas por el comité CapEx. En ambos casos, se obtendrá una propuesta del B.P aprobada por el comité CapEx.

Esta propuesta se le entrega al gerente general, él será el responsable de exponerla al directorio quien finalmente decide la aprobación del B.P. Si la propuesta se adapta al presupuesto, será aprobada, de no ser así, el directorio analizará si es que lo aumenta, aceptando la propuesta del B.P. o bien solicita que eliminen proyectos con el fin de ajustarse a éste.

Hay que considerar que estos nuevos actores deben tener una visión alineada, con el fin de seleccionar aquellos proyectos que impacten en mayor medida a los objetivos de la empresa.

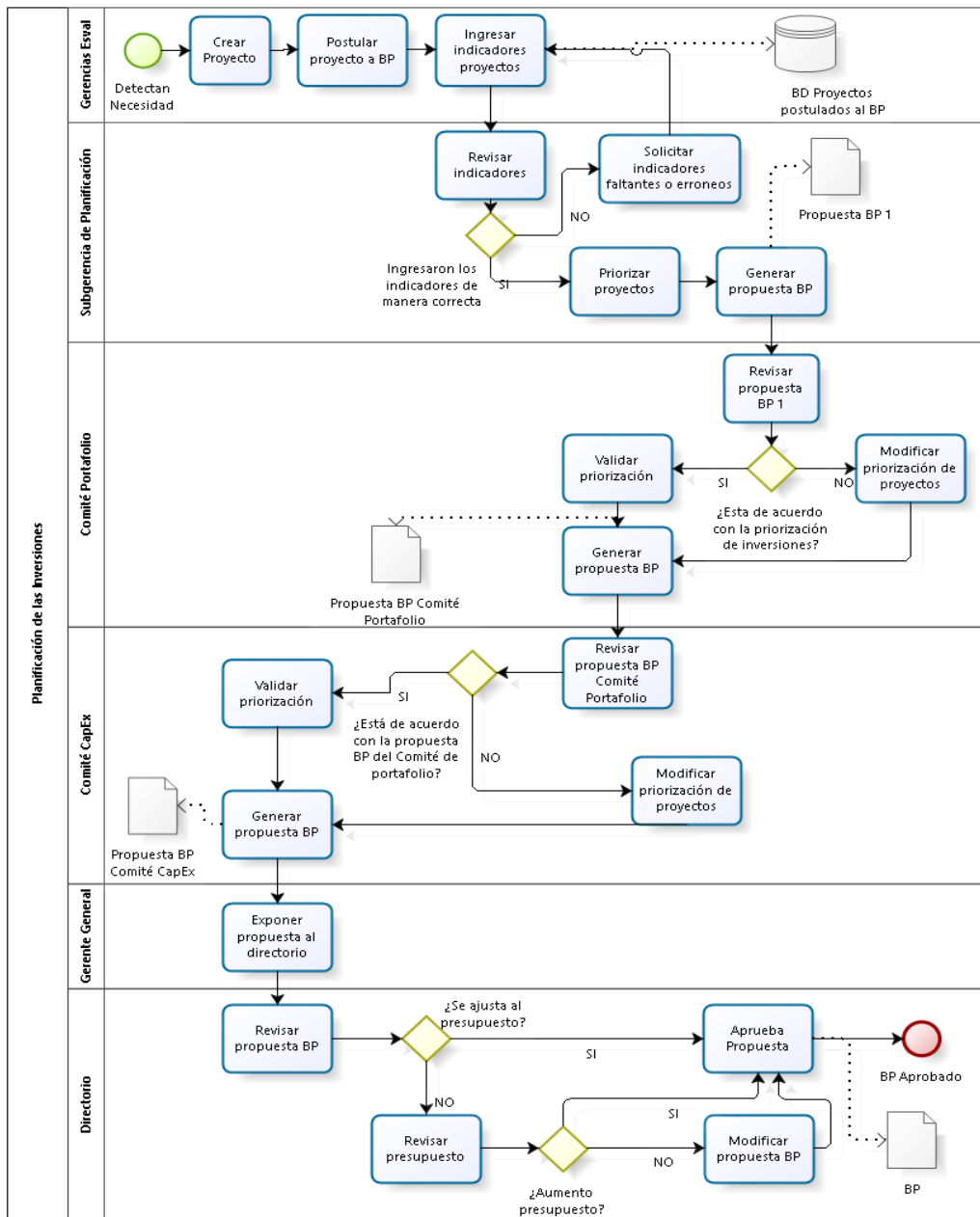


Figura 2.8: Proceso planificación de la inversión actual.

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Identificación y explicación del problema:

### 2.4.1 Antecedentes del problema:

La subgerencia de planificación, perteneciente a la gerencia de planificación, tiene como misión planificar la infraestructura necesaria para entregar el servicio, acorde al crecimiento de la demanda, condiciones actuales de sus instalaciones y normativas legales, siendo el responsable del proceso de formulación del plan de inversiones, de manera de obtener una propuesta del *business plan* (B.P) o plan de inversiones, que apunte a lograr los objetivos de la compañía.

Los proyectos de inversión, son llamados así, ya que cada uno de ellos incrementa el valor de la empresa, y son creados con la intención de producir un beneficio futuro.

El B.P. se evalúa a un horizonte de cinco años y está sujeto a una revalidación anual, es decir, si bien la propuesta incluye la planificación del quinquenio, se pueden incluir proyectos postulados en los años posteriores, que tengan una mayor urgencia en comparación a los que actualmente están aceptados, reformulando el plan de inversiones.

Existen programas de obras que están comprometidos a realizar en cierto plazo con la SISS, estos se llaman planes de desarrollo, y se confeccionan para satisfacer la demanda de servicios de agua potable y alcantarillado, asegurando la oportuna ejecución de las obras, y la calidad del servicio a mediano y largo plazo. El incumplimiento del plan de desarrollo implica multas entre los 51 y 10.000 UTA. En los registros actuales se tienen multas cursadas por incumplimiento del P.D. en los últimos tres años de 1.607 UTA, aproximadamente unos 834 millones de pesos.

En el año 2016, Esva S.A distingue la necesidad de crear portafolios de proyectos para discriminar aquellos que son del mismo alcance, con el fin de facilitar su posterior análisis.

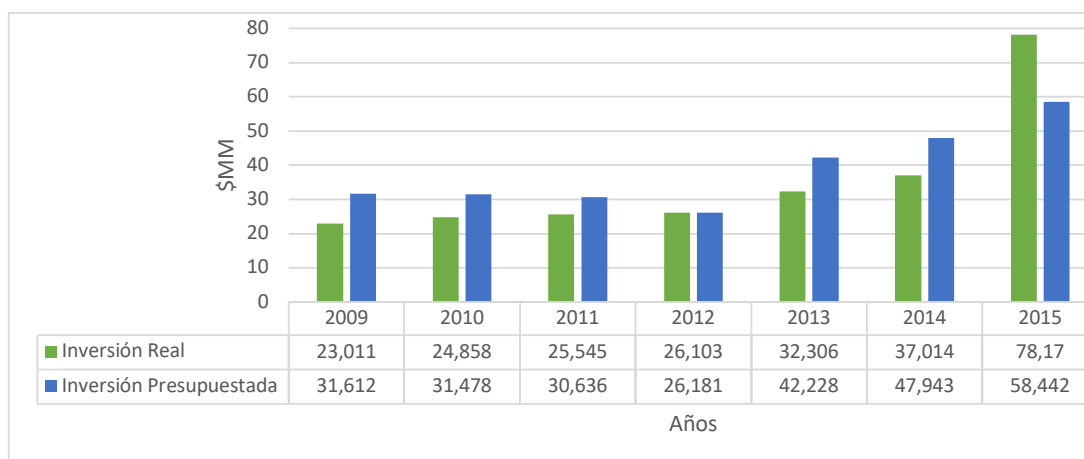
Algunos criterios utilizados fueron la etapa del proceso productivo y el tipo de infraestructura.

A continuación, se nombra los 8 portafolios creados y cuál es su alcance:

- a) Portafolio Producción: corresponde a toda la infraestructura que se encuentre en el proceso de producción de agua potable, desde después de la fuente de recursos hídricos, las conducciones hasta las PTAP, las PTAP, conducciones hasta los Estanques AP.
- b) Portafolio Distribución: corresponde a la infraestructura que se encarga de distribuir el agua potable desde los estanques de agua potable hasta el usuario final. PEAP.
- c) Portafolio Recolección: corresponde a la infraestructura necesaria para captar las aguas servidas de los consumidores hasta el tratamiento de ellas. PEAS.
- d) Portafolio Disposición: corresponde a la infraestructura necesaria para tratar las aguas servidas, en ella se encuentran PEAS
- e) Portafolio de Soporte: corresponde a toda infraestructura, que, si bien no está directamente asociada al proceso, tiene que ver con las operaciones necesarias para sostener la empresa, como por ejemplo computadoras, softwares, edificios, vehículos etc.

- f) Portafolio Recursos Hídricos: corresponde a las fuentes de recursos hídricos sean superficiales o subterráneas que suministran la materia prima para la compañía.
- g) Portafolio Mantenimiento: corresponde a los planes de mantenimiento para mantener la infraestructura. Sus montos son elevados por eso se evalúa no de manera transversal si no particular, además la SISS es importante la relevancia del desarrollo de estas obras
- h) Portafolio Proyectos Especiales: corresponde a proyectos que poseen un alto presupuesto, y son una oportunidad de negocio.

Con el fin de contextualizar el escenario actual se analiza históricamente los presupuestos que realmente se utilizaron versus los que se tenían aprobados por el directorio, se puede distinguir que, en la mayoría de los años, el presupuesto real fue menor al utilizado. En la Figura 2.9, se ven los presupuestos de la compañía desde el año 2009 en miles de millones de pesos.



**Figura 2.9: Inversión real v/s presupuestada**

Fuente: Elaboración propia en base a información de control de inversiones

Esa desviación en el presupuesto implica una subutilización de éste, ya que se consideró en la elaboración del *business plan*, dinero a proyectos que no se realizaron. Lo cual conlleva a no obtener beneficios económicos de esas inversiones. Por otra parte, en el caso inverso, en donde se ve una mayor utilización de recursos económicos utilizados y que no fueron considerados en el *business plan*, eso conlleva a sobrepasar el presupuesto aprobado por el directorio. Es por ello que es motivo de análisis revisar estos casos.

El departamento de control de inversiones pudo proporcionar información respecto a aquellos proyectos que en los últimos tres años fueron considerados en primera instancia en el presupuesto del *business plan*, sin embargo, no se realizaron. En la Tabla 2.1 se pueden observar los montos en pesos.

**Tabla 2.1: Montos asignados en proyectos no realizados.**

	2013	2014	2015
<b>ADV</b>	\$ 1.235.638.000	\$ 1.796.945.000	\$ 2.568.034.000
<b>ESVAL</b>	\$ 5.500.054.000	\$ 3.401.317.000	\$ 4.837.345.000
<b>TOTAL</b>	\$ 6.735.692.000	\$ 5.198.262.000	\$ 7.405.379.000

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por control de inversiones.

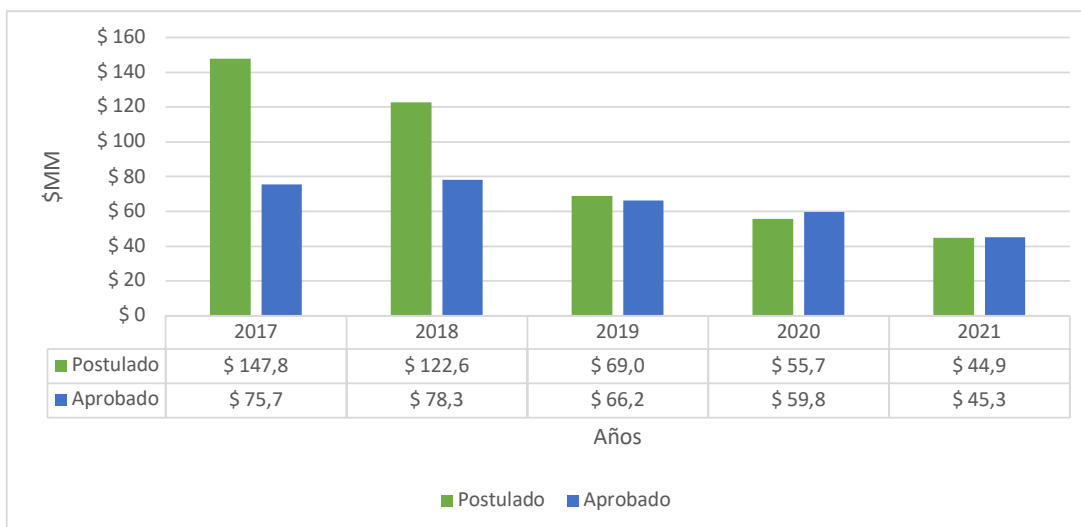
Por otra parte, también proporcionó información respecto a aquellos proyectos que no fueron considerados en la elaboración del business plan, pero se tenían que realizar, por lo cual en la Tabla 2.2 se consideraron los siguientes montos que no estaban presupuestados con anterioridad en los últimos tres años.

**Tabla 2.2: Montos asignados en proyectos no presupuestados inicialmente.**

	2013	2014	2015
<b>ADV</b>	\$ 1.162.375.000	\$ 724.854.000	\$ 12.231.435.000
<b>ESVAL</b>	\$ 3.389.409.000	\$ 2.361.656.000	\$ 13.131.645.000
<b>TOTAL</b>	\$ 4.551.784.000	\$ 3.086.510.000	\$ 25.363.080.000

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por control de inversiones.

Los montos de proyectos postulados al *business plan* para el quinquenio que viene, superan considerablemente, a los presupuestos aprobados. Por lo cual se hace necesario analizar de qué manera se seleccionarán con la finalidad de realizar aquellos proyectos que generen un mayor impacto en los objetivos de la compañía. En la Figura 2.10 se pueden observar los montos.



**Figura 2.10: Montos postulados v/s presupuestados del plan de inversiones**

Fuente: Elaboración propia con información extraída de “bp\_2017 Postulación”

Los montos postulados al BP hacen imprescindible seleccionar aquellos proyectos que sean más convenientes realizar para perseguir el objetivo de la compañía, y de sus inversionistas. Además, se entiende la importancia de la participación de los distintos actores de la empresa en la participación del proceso de planificación de la inversión, realizando un rediseño del proceso durante el 2016.

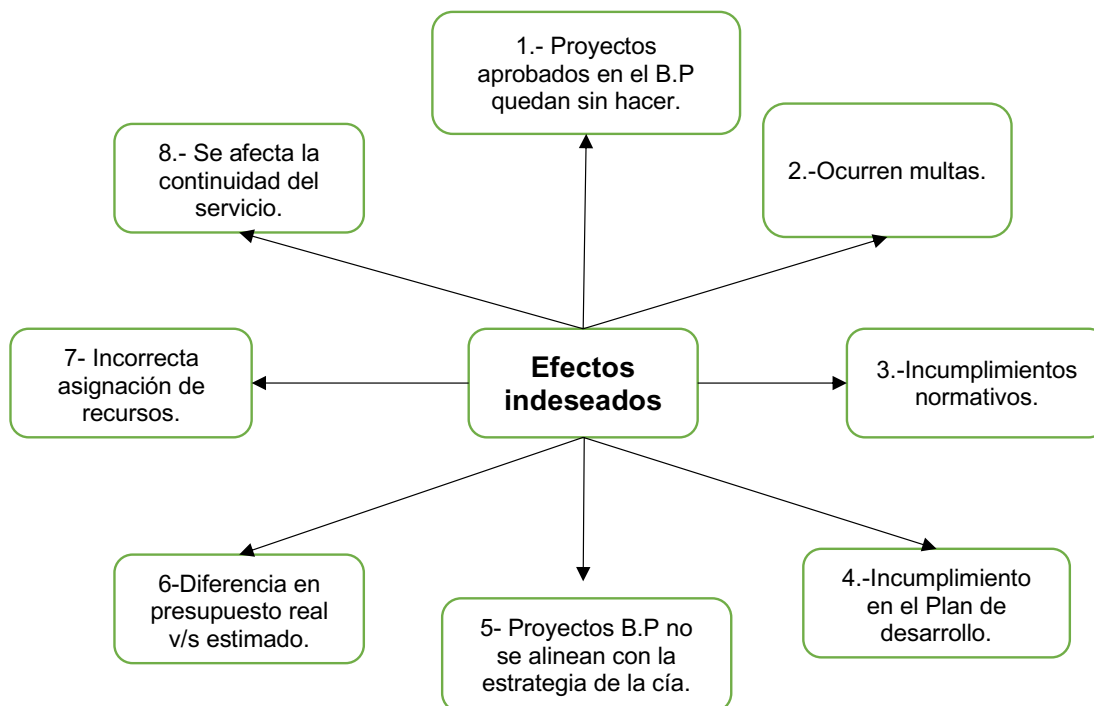
## 2.5 Estructuración del problema con ARA.

Para entender de mejor manera la causa raíz de los problemas, y, teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente mencionados, se utilizó como herramienta de apoyo el árbol de la realidad actual (ARA), el cual, por medio de la enumeración de una serie de efectos indeseados, estudia la relación de causalidad entre ellos, y un análisis del “porqué - porqué” con el fin de abordar la causa raíz, para posteriormente buscar la solución adecuada.

Para efectuar este análisis, se entrevistó a las personas participantes de la elaboración del business plan, y se realizó un posterior estudio de los datos.

### 2.5.1 Efectos indeseados

De la encuesta realizada a las personas participantes de la formulación del business plan, se pudo extraer de la pregunta número uno, aquellos efectos indeseados que podían observar. En la Figura 2.11 aparecen los detalles



**Figura 2.11: Efectos indeseados.**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.2 Causa raíz:

Luego para cada uno de esos efectos indeseados se analiza si existe una relación de causalidad, y se les realiza la pregunta ¿Por qué ocurre esto? Para así encontrar la causa raíz de los problemas. A partir de los 8 elementos mencionados inicialmente, se pudo determinar que existen 25 ítems en total, que abarcan los efectos indeseados o problemas de la compañía.

En la Tabla 2.3 se puede observar la totalidad de efectos indeseados o problemas los cuales quedaron enumerados de la siguiente manera:

**Tabla 2.3: Efectos indeseados.**

N°	PROBLEMA
P1	Perdida de utilidades.
P2	Se afecta la continuidad del servicio.
P3	Proyectos postulados no se aprueban.
P4	Proyectos aprobados en el B.P. no se realizan.
P5	Presupuesto retenido.

N°	PROBLEMA
P6	Error en B.P.
P7	Ocurren multas.
P8	Incumplimiento normativo.
P9	Incumplimiento P.D.
P10	Proyectos P.D. no considerados en el B.P.
P11	Recursos utilizados en proyectos no B.P.
P12	Incorrecta distribución de los recursos.
P13	Holgura presupuestaria.
P14	Presupuesto sobrevalorado.
P15	Buen poder de negociación.
P16	Cotización inicial elevada versus realizada.
P17	Cultura organizacional.
P18	No existe foco de inversión.
P19	Proyectos seleccionados para B.P. no se alinean a la estrategia de la compañía.
P20	Departamento de planificación selecciona las inversiones.
P21	No existe modelo objetivo para selección de inversiones.
P22	Utilizan Focus Group.
P23	Se seleccionan los proyectos en base a la experiencia
P24	Sesgo en Focus Group.
P25	No se utiliza información adecuada en selección de proyectos

Fuente: Elaboración propia.

Al esquematizar el problema, en la Figura 2.12 se puede observar en la parte superior la pérdida de utilidades. Esto se debe básicamente a tres ramas del árbol, y cuyas cifras quedaron plasmadas en los antecedentes del problema, sección 2.4.1.

- Por una parte, se pierden a causa de las multas, ya que existen incumplimientos normativos, y del plan de desarrollo, esto, porque proyectos postulados al business plan, que corresponden a compromisos con la superintendencia para el Plan de Desarrollo, no son aprobados.
- Además, las utilidades se pierden a su vez porque hay proyectos que una vez aprobados en el business plan, no se desarrollan, dejando retenido dinero, en proyectos que no generan beneficio a la empresa y causando un error en el business plan.
- Y finalmente se pierden utilidades ya que se ve afectando la continuidad del servicio lo cual impide generar beneficio a la compañía, y además de generar pérdidas materiales, lo

anterior, ya que no se da énfasis a proyectos que prevén la continuidad de servicio, mantenimiento y reparación.

Estas tres ramas del árbol, lleva al problema: Incorrecta asignación de recursos.

Esto por su parte se divide en tres causas raíces:

- Por una parte, no se ocupa información correcta para seleccionar dichas inversiones.
- Un segundo punto es que no existe un foco de inversión, ya que los proyectos seleccionados en el BP no se alinean con la estrategia de la compañía, esto debido a que existe un sesgo en la selección de proyectos, por un único departamento, que es el de planificación, quienes no poseen un modelo objetivo, ocupando focus group.
- Y, finalmente en algunas gerencias, postulan proyectos, excediendo el monto real, generando una holgura presupuestaria, que finalmente acaba con presupuestos retenidos, esto se debe a que, al calcular los presupuestos, éstos se piden cotizaciones elevadas por cultura organizacional, o bien poseen un buen poder de negociación.

Con todos los antecedentes recabados, y, enumeradas y esquematizadas las problemáticas de la compañía, se debe corroborar que el árbol sea consistente, es por ello que se ocupará una segunda herramienta, la matriz Véster.

2.5.3 Esquema ARA: árbol de la realidad actual.

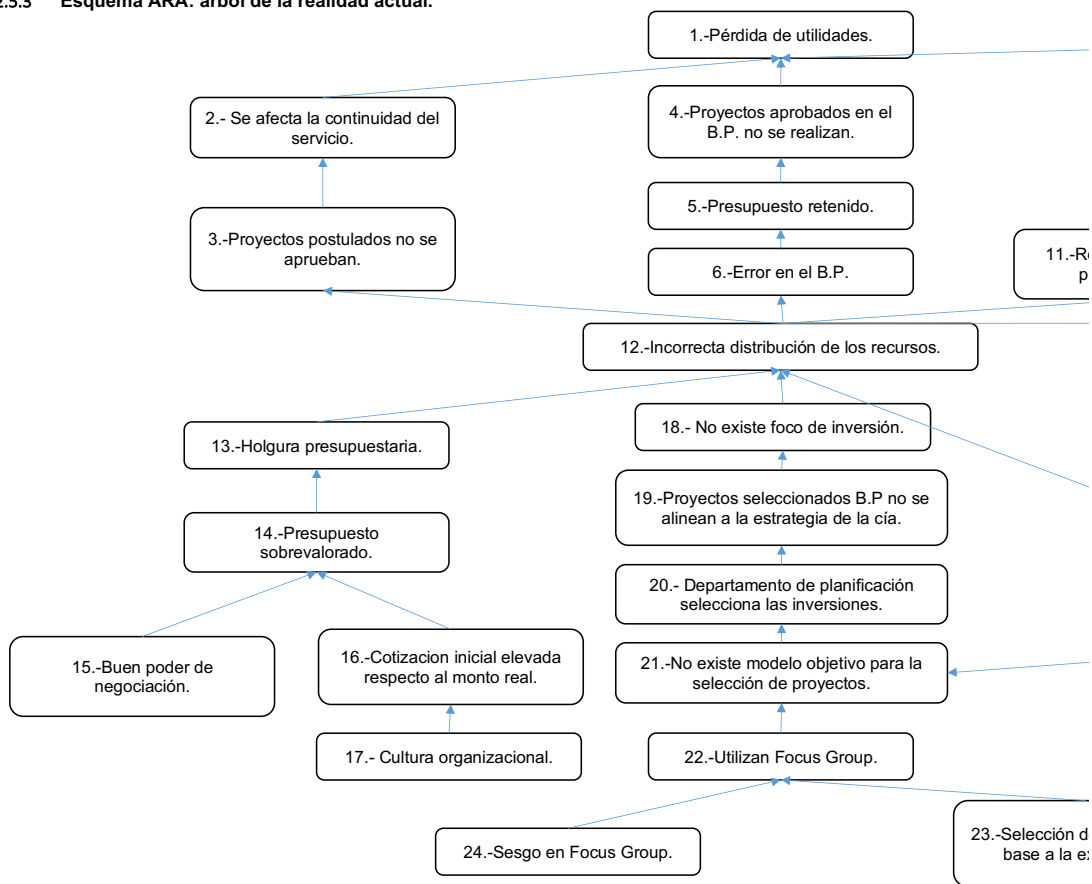


Figura 2.12: Esquema ARA.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.4 Matriz Vester

En el presente apartado se continuará con la identificación del problema de este trabajo, utilizando la matriz Vester como herramienta para corroborar que el análisis anterior del árbol de la realidad actual sea consistente. Además, poder identificar cual o cuales son problemas críticos, quienes requieren atención en mayor medida para así proceder posteriormente al desarrollo y finalizar encontrando una solución al problema.

Cabe mencionar que la información fue extraída de [IngenioEmpresa16]

Se definirá a la matriz Vester como  $A = [a_{ij}]$ , de orden  $m \times n$ , siendo cada  $a_{ij}$ , un elemento de la matriz, y  $m = n = \text{número de problemas}$ .

$a_{ij}$  tal que  $(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & \cdots & a_{m,n} \end{bmatrix}$$

Para este caso, la matriz cuadrada de orden  $n$  tendrá un valor igual a 25, que es el número de problemas que se encontró en el análisis del árbol de la realidad actual.

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,25} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{25,1} & \cdots & a_{25,25} \end{bmatrix}$$

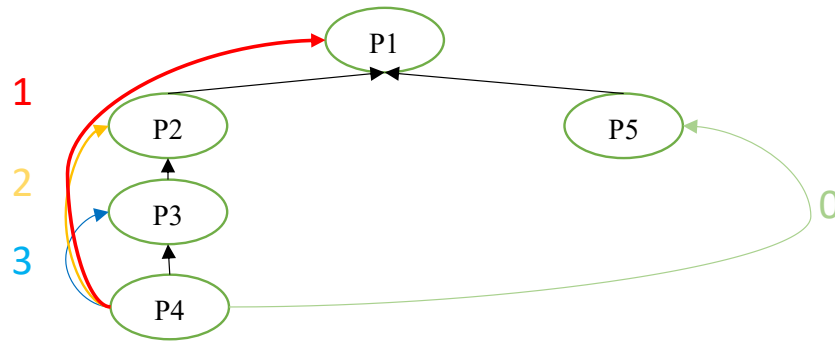
Y cada elemento  $a_{ij}$  corresponderá a la relación del problema de la fila  $i$ , relacionado con el de la columna  $j$ , con valor 0 a 3, siendo:

- 0: No existe relación de causalidad
- 1: Existe una relación indirecta de causalidad o débil.
- 2: Existe una relación de causalidad semi-directa o media.
- 3: Existe una relación de causalidad muy fuerte.

Primeramente, se consideró la numeración de los problemas tal cual, como el árbol de la realidad actual, y de ahí se relacionó si el problema superior tenía relación directa.

Por ejemplo, en la Figura 2.13 se puede apreciar que existen 5 problemas, el problema número 4 es causal directa del problema 3, por lo cual tiene una relación de causalidad de valor 3. Ahora si se relaciona el mismo problema 4 con el problema 2, tendrá una relación semi-directa, por lo cual el valor de causalidad en este caso será 2. En cuanto a la relación que existe entre el problema 4 y el problema 1, tienen relación de manera indirecta, por lo cual toma el valor de 1. Finalmente, al relacionar el problema 4 con el problema 5, no existe relación de causalidad por lo cual el valor es 0. Así sucesivamente se hizo la relación de los 25 problemas entre ellos.

Cabe destacar que la relación entre el mismo problema es 0, por lo cual existirá una diagonal con todos sus elementos igual a 0.



**Figura 2.13: Ejemplo categorización causalidad.**  
Elaboración propia.

En el anexo 9.2 se puede observar la Matriz Vester<sup>2</sup> completa.

Para analizar la consistencia existe una regla: la relación directa debe ser menor al 30%.

$$i.c = \frac{\text{cantidad de elementos con valor igual a 3}}{\text{cantidad total elementos matriz}} \times 100$$

En este caso, al ser una matriz de  $m=n=25$ , contiene un total de  $25^2 = 625$  elementos, es decir, que deben existir como máximo =187,5 relaciones con valor 3. En este caso existen 27 relaciones directas, lo que quiere decir que el índice de consistencia es 4,32%, por lo cual es consistente ya que es menor al 30%.

$$i.c = \frac{27}{625} = 4,32\%$$

Sabiendo que es consistente, se procede a hacer la gráfica de la matriz vester. En ella se realizan 4 cuadrantes, siendo el cuadrante I problemas críticos, cuadrante II problemas pasivos, cuadrante III problemas indiferentes y cuadrante IV problemas activos.

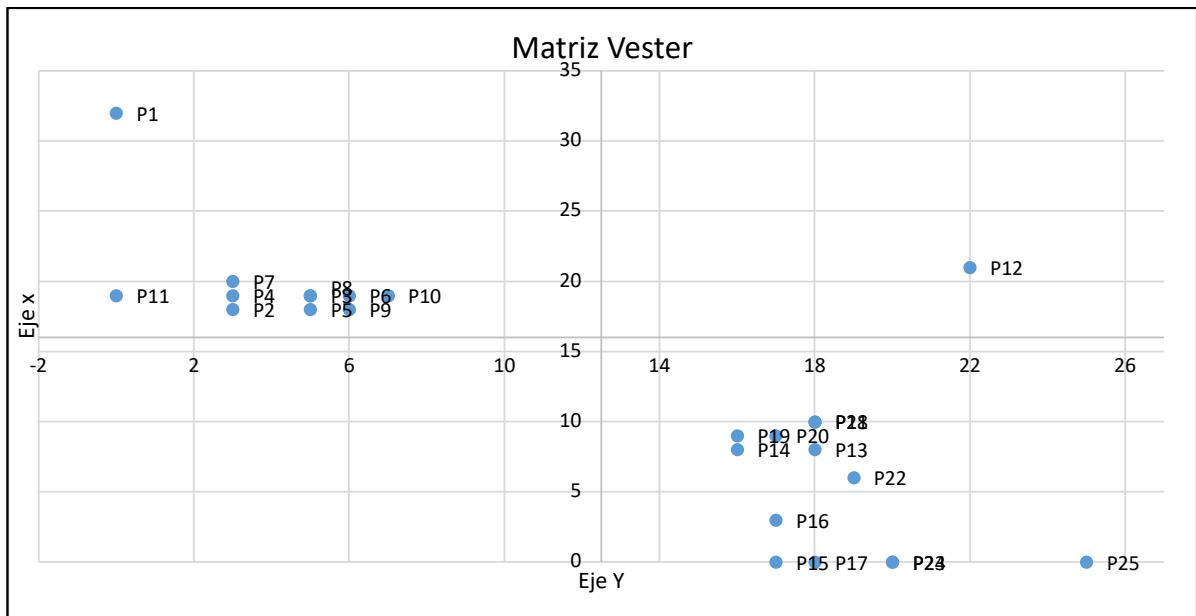
Para determinar en qué valor se intercepta el eje "x" con el eje "y", se procedió al siguiente cálculo:

Para el eje x, se realiza la sumatoria horizontal de los valores, para cada fila i. De igual forma para el eje y se realiza la sumatoria, pero en este caso de manera vertical, para cada columna j.

El Valor donde se corta el eje x será el mayor valor dividido en 2, de igual forma para el eje y.

Luego cada problema poseerá una coordenada (x,y) la cual se representará en el plano cartesiano.

En este caso se encontró un único problema crítico el cual se puede observar en la Figura 2.14, el problema número 12: incorrecta distribución de los recursos, el cual será de atención para este trabajo, y posteriormente encontrar la solución del problema.



**Figura 2.14: Gráfica de Vester.**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.5 Descripción del problema

Analizando el proceso de formulación del plan de inversiones, y según información recopilada en la empresa y anteriormente mencionada en antecedentes, además de la obtenida en base a la investigación propia, y esquematizada posteriormente en herramientas tales como el árbol de la realidad actual y matriz Vester, permitieron visualizar de manera clara los problemas y categorizarlos como pasivos, indiferentes, activos y críticos, por lo cual se pudo determinar que el problema crítico, el cual será motivo de estudio en la presente investigación es la incorrecta asignación recursos.

### 2.5.6 Solución planteada en la investigación

El siguiente trabajo busca trazar una mejora para la actual asignación de recursos en el proceso de planificación de las inversiones, lo cual involucra un análisis en factores de importancia técnica, económica y de riesgo, con criterios definidos y alineados con los objetivos que persigue la compañía.

Con el propósito de lograr una correcta asignación de recursos, es importante considerar que existen multiplicidad de proyectos heterogéneos en la compañía y que satisfacen diversas necesidades, es por ello que es imprescindible considerar diversos criterios para poder seleccionarlos. Por lo cual se utilizará método de análisis de decisión multicriterio. A continuación, en el ítem 4 se definirá la metodología a utilizar.

## **2.6 Objetivos**

### **2.6.1 Objetivo general**

Diseñar un modelo de priorización de inversiones de la cartera de proyectos de Esva S.A, con criterios acorde a los objetivos de la empresa para entregar un apoyo en la toma de decisiones.

### **2.6.2 Objetivo específico**

- Identificar el modelo de priorización de inversiones que se adapte de mejor manera a las necesidades de Esva S.A.
- Analizar el alcance de los proyectos que postulan las diferentes gerencias.
- Ajustar el modelo de acuerdo con la información de la compañía.
- Validar el modelo, contrastando los resultados con lo deseado por los comités de portafolio y comité CapEx.

### **2.6.3 Resultados esperados.**

Con la realización del trabajo de título, se pretende entregar a Esva S.A una herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la selección de las inversiones con lo cual se espera:

- Mejorar la asignación de recursos, evitando que sean seleccionados proyectos que son relegados por gestión y jerarquía, y por otra parte aquellos proyectos que tenían una mayor importancia en su ejecución, no sean considerados en el B.P.
- Apoyar con el cumplimiento del objetivo de la empresa, que es entregar el servicio de agua potable y tratamiento de aguas servidas, de manera continua, y para lograr el objetivo esencial de la empresa, debe seleccionar y ejecutar estos proyectos oportunamente.

### **3. Estado del arte.**

El objetivo de este capítulo es entregar el desarrollo de la investigación documental, que sustenta el conocimiento actualizado sobre la priorización de inversiones, cuanto se ha explorado esta problemática, quienes, y que trabajos se han desarrollado, y los logros conseguidos, de manera de continuar el estudio con una base crítica y profunda comprensión, para posteriormente aportar nuevos conocimientos.

Este apartado se organiza en cuatro segmentos: la teoría de la toma de decisiones, las técnicas de estructuración del problema, las técnicas de resolución de problemas y finalmente las conclusiones personales de la investigación llevada a cabo, con el fin de seleccionar la metodología adecuada al caso de estudio.

#### **3.1 Teoría de la toma de decisiones:**

Las organizaciones se enfrentan a diario a la toma de decisiones, muchas veces de manera rutinaria, como también situaciones excepcionales, y, para poder obtener buenos resultados se deben tomar con especial cuidado, considerando la información que se tiene disponible, como también la que se pueda gestionar para el soporte de ésta.

A continuación, se explicará los elementos, etapas y tipos de decisiones.

##### **3.1.1 Elementos necesarios para tomar una decisión.**

En esta sección se señala y explica cada uno de los elementos necesarios para la toma de decisiones.

Ríos 1989 explica que, para poder efectuar una decisión, deben existir cinco elementos básicos:

- Un decisor: corresponderá al individuo o conjunto de éstos, cuyo interés es encontrar una solución al problema en cuestión.
- Alternativas: deben existir dos o más alternativas posibles para solucionar el problema.
- Un contexto: conjunto de características que definen la situación en lo que se refiere al mundo exterior.
- Criterios: corresponde a atributos que se consideran relevantes en un contexto decisonal y deben medir el cumplimiento del objetivo que se busca.
- Solución eficiente: un conjunto de soluciones es eficiente cuando está formado por soluciones factibles, y por las cuales se obtiene el mejor desempeño de cada uno de los atributos.

### 3.1.2 Etapas necesarias para tomar una decisión.

En este apartado se verá las etapas necesarias para poder llevar a cabo este proceso, descritas por Stephan Robbin en 1994. En la Figura 3.1 se pueden observar dichas etapas:



**Figura 3.1: Etapas de la toma de decisión.**

Fuente: Elaboración propia en base a Stephen P. Robbins 1994. Comportamiento Organizacional.

#### Etapa 1: Formulación del problema:

El proceso de tomar una decisión inicia con un problema, esto es, la diferencia entre un estado actual, y un estado que se desea. Pero para iniciar el proceso de toma de decisión, debe existir una presión que induzca al decisor tomar acciones y recursos necesarios para encontrar una posible solución.

#### Etapa 2: Identificación de los criterios:

Una vez conocido la presencia del problema, se debe identificar los criterios de decisión que sean relevantes para la solución del problema

#### Etapa 3: Asignación de ponderaciones a los criterios:

Los criterios que son seleccionados anteriormente, no poseen la misma importancia, por lo cual hay que asignar pesos a dichos criterios, de manera que se encuentre una prioridad correcta en la decisión.

Etapa 4: Desarrollo de alternativas:

El paso consiste en obtener las alternativas factibles que puedan tener éxito en la solución del problema.

Etapa 5: Análisis de las alternativas:

En este paso se evalúa cada una de las alternativas comparándola con los criterios que se identificaron anteriormente.

Etapa 6: Selección de alternativas:

En este paso se debe seleccionar la mejor alternativa según valoración hecha anteriormente.

Etapa 7: Implantación de alternativas:

En este paso se lleva a cabo la decisión tomada en el paso anterior.

Etapa 8: Evaluación de la efectividad de la decisión:

En este paso se juzga el proceso del resultado de la toma de decisiones, para evaluar si fue corregido el problema con las medidas adoptadas por la alternativa seleccionada.

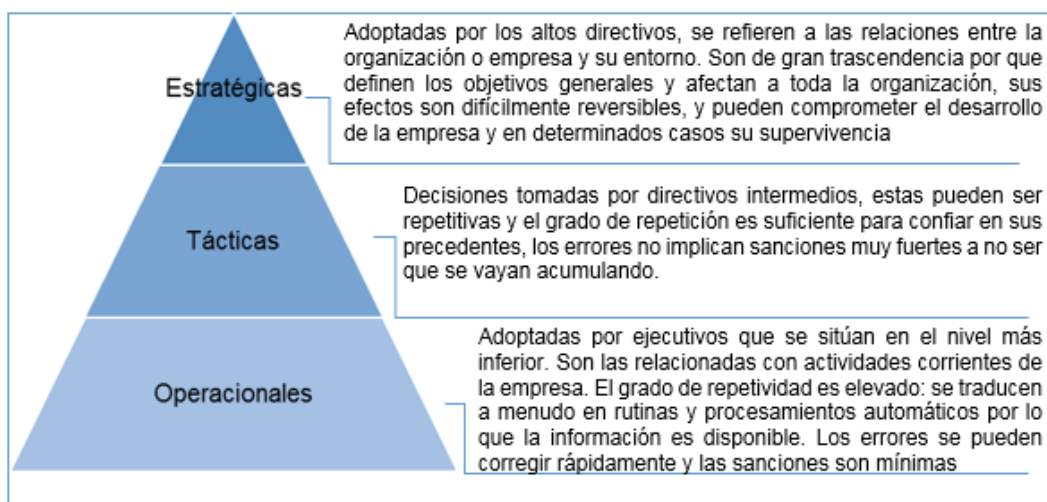
### **3.1.3 Tipo de decisiones.**

Las decisiones se pueden clasificar en tres tipos:

a) Por nivel organizacional:

Se dividen en tres, decisiones estratégicas, decisiones tácticas o decisiones operacionales. En la

Figura 3.2 se detalla las características de las decisiones según los niveles:



**Figura 3.2: Tipo de decisiones por nivel organizacional.**

Fuente: Elaboración propia, en base a Claver, 2000.

b) Por métodos:

Simon (1997) dice que se puede clasificar los tipos de decisiones, en dos, según su método o comportamiento en aquellas que son programadas y las que no son programadas.

- Programadas: son aquellas decisiones rutinarias, en las cuales ya existe un procedimiento o regla de decisión. Es repetitiva ya que el problema ocurre con determinada frecuencia, de manera de ser necesario el procedimiento para solucionarlo.
- No programadas: son aquellas decisiones nuevas para la empresa, no existe método para manejar el problema ya que no ha ocurrido con anterioridad.

Según Koontz y Weihrich en su trabajo "Administración, una perspectiva global y empresarial" (2008) relaciona la clasificación anterior, es decir según el nivel organizacional y los métodos, de manera que los altos directivos son los que tratan con aquellos no programadas, es decir con problemas que no están estructurados, mientras que los ejecutivos de menor nivel manejan aquellas decisiones programadas con problemas ya estructurados anteriormente.

c) Nivel de información:

Las decisiones se pueden tomar con ciertas condiciones de información, las cuales se clasifican en tres según Koontz y Weihrich: bajo certidumbre, incertidumbre y riesgo.

- Bajo certidumbre o certeros: son decisiones que se toman con información que se considera confiable, y se sabe las consecuencias que traerá.

- Bajo incertidumbre: son decisiones contrarias a las anteriores, es decir se posee poca información, o bien no se sabe si los datos son confiables, por lo cual, al tomar dicha decisión no se sabe si la situación cambiará o no.
- De riesgo: la información que se tiene se encuentra incompleta, por lo cual, se puede estimar la probabilidad de éxito de un resultado.

La mayoría de los problemas en la vida real poseen un determinado grado de incertidumbre, en distinta medida, pero hay que analizar la probabilidad de acertar para elegir dicha alternativa.

### 3.2 Técnicas de resolución del problema:

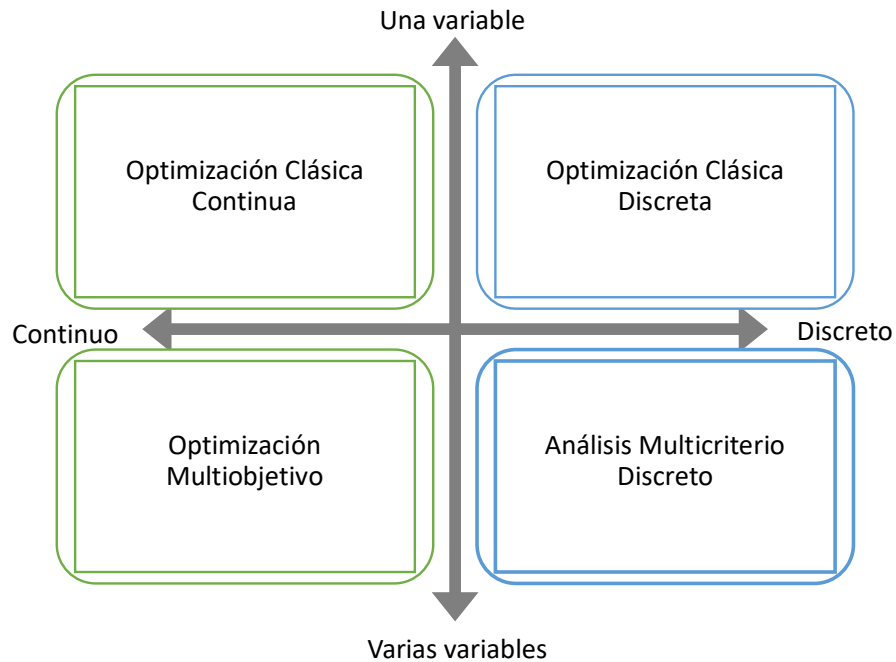
Una vez que se identifica el problema, se debe buscar una solución al mismo, es por ello que en este apartado se explicará diversas herramientas que podrían ser de utilidad al inconveniente que se afronta, para posteriormente seleccionar la que se adapte de mejor manera a la compañía y al problema de decisión.

La determinación de la metodología entonces está relacionada con la naturaleza del problema de decisión y de las preferencias de quien las toma.

A grandes rasgos se pueden identificar 2 factores que determinan la naturaleza del problema:

- a) El primer factor es mediante el conjunto solución, clasificándolos en discretos o continuos. Será discreto cuando el conjunto solución puede tomar solo algunos números en un conjunto numerable. Por otro lado, será continuo cuando existe un conjunto de soluciones que pueden tomar valores continuos, es decir no se pueden categorizar por su naturaleza en un valor.
- b) El segundo factor corresponde a las variables que se analizan, puede ser solo una variable la que afecta al cumplimiento del objetivo o un conjunto de variables.

En la Figura 3.3 se pueden observar los dos ejes, lo cual hace identificar cuatro categorías de métodos de solución: optimización clásica continua, optimización clásica discreta, optimización multiobjetivo, análisis multicriterio discreto.



**Figura 3.3: Métodos según tipo de problema**

Fuente: Elaboración Propia

- a) Optimización clásica discreto: se utiliza en problemas que buscan optimizar en base a una variable una función objetivo, en donde su conjunto solución es discreto. Por ejemplo: minimizar el costo de producción de agua potable.
- b) Optimización clásica continua: se utiliza en problemas que buscan optimizar en base a una variable el objetivo a lograr, pero en este caso, el conjunto solución es continuo. Por ejemplo, cuando se busca seleccionar la altura óptima para un portal de acceso para que pasen camiones.
- c) Optimización multiobjetivo: se utiliza en un conjunto de soluciones continuo, sin embargo, para optimizar la función objetivo, se requiere un conjunto de variables. Ejemplo optimizar la altura de un portal de acceso de camiones y que a la vez esté construida por el material más resistente.
- d) Análisis multicriterio discreto: Se utiliza para problemas que tienen un conjunto discreto de solución y utilizan al menos dos variables: Ejemplo: minimizar el costo de producción de agua potable en aquellas plantas de tratamiento que se encuentren en un determinado zonal.

En problemas de decisiones de inversiones, generalmente no existe un solo criterio con el cual se determina la realización de un proyecto, y en este caso no es la excepción. Si

bien para toda compañía es importante la rentabilidad que proporcionan sus inversiones, existen otros criterios que deben ser evaluados, como por ejemplo en una empresa sanitaria debe cumplir con satisfacer la demanda existente en su área de concesión, cumplir con una infraestructura adecuada, y eficiente para obtener una buena calidad del servicio, cumplir a tiempo con las normativas vigentes y nuevas, mejorar la eficiencia, reducir la multas, entre otros.

Una forma de evaluar la selección de proyectos de inversión con variables tanto cuantitativas como cualitativas es el análisis de decisión multiatributo, el cual se abordará en este apartado junto con las distintas herramientas M.C.D.A.

### 3.2.1 Análisis de decisión multiatributo (M.C.D.A)

El análisis de decisión multiatributo es utilizado cuando existen dos o más alternativas de solución (finitas), donde se pueden medir dos o más criterios o atributos que permiten evaluar las alternativas, aportando a la decisión, ya sea priorización de un set de alternativas, o selección de una única alternativa.

Según el Instituto nacional de estándares y tecnología del departamento de comercio de EEUU (NIST) existen ciertos elementos que sirven para clasificar los problemas que aborda:

- a) Cantidad finita de alternativas: Involucra el análisis de un conjunto discreto y finito de alternativas, en donde se diseña la mejor alternativa considerando la interacción de las diferentes restricciones del proyecto.
- b) Intercambio o interacción de atributos: No busca obtener el mejor rendimiento ni optimizar algún indicador en específico, sino más bien, revisar la interacción que tienen los atributos o criterios para seleccionar la mejor alternativa, lo cual, como consecuencia puede significar perder valor en otro atributo, pero sin dejar de ser la mejor opción.
- c) Unidades no comunes: cada atributo posee su unidad, por ejemplo, pesos, kilos, metros, porcentajes de rendimiento etc. como también por escalas de percepciones, ejemplo muy bueno, bueno, indiferente, malo, muy malo.
- d) Matriz básica de decisión: Puede ser caracterizado en una matriz básica de decisión, considerando dos ejes, uno de las alternativas y otro por los atributos, cada uno de los elementos de la matriz posee un ranking o valor.

En resumen, los métodos MCDA se dirigen a la resolución de tres tipos de problemas:

- Revisión básica de alternativas.
- Priorizar o realizar un ranking de alternativas.
- Seleccionar la mejor alternativa final.

Los métodos más utilizados en el análisis multicriterio se nombran a continuación:

- SCORING (Ponderación Lineal): Metodología multicriterio que permite abordar situaciones con incertidumbre o escaso nivel de información. Se construye una función de valor para cada una de las alternativas. Supone transitividad de preferencias o la comparabilidad.

Algunas aplicaciones:

- Selección de ofertas competitivas en edificación. (Almudena Castaño Pérez 2013)
  - Selección de medicamentos para su inclusión en una guía farmacoterapéutico. (Martínez-Bengoechea, M.a J1996).
  - Selección de insumos de construcción en obras de edificación. (Pablo Orihuela 2009)
- *PROMETHEE (Preference ranking organisation methods for enrichment)*: Es una metodología dentro de las relaciones de superación que ayuda a la decisión multicriterio en generar preferencia dentro de distintas alternativas. Identifica diversos criterios, a los cuales se les asigna ciertos pesos, mediante la comparación de pares de criterios. Además, se generan funciones de valor para cada criterio, en donde puede ser indiferente o tener una preferencia estricta entre las alternativas factibles. Todas las alternativas deben ser comparables. Existen distintas versiones de la metodología *PROMETHEE*, permitiendo realizar *ranking* parcial, *ranking* completo, *ranking* por intervalos, o *ranking* para casos continuos.

Algunas aplicaciones:

- Selección de estructuras industriales de la economía. (Sala, 2000)
  - Políticas Sociales y ambientales. (Pujol, 2002)
  - Mercados financieros. (Fernández, et, al. 2009)
  - Problemas de ubicación y transporte. (Guerrero 2007)
- *ELECTRE (Elimination et choix traduisant la réalité)*: Es una metodología de relaciones de superación que permite decidir sobre la determinación de una solución que sin ser óptima sin embargo se considera satisfactoria.
  - *TODIM (Toma de decisión interactiva multicriterio)*: Es una metodología de relaciones de superación, que incluye en su análisis el riesgo en la priorización de alternativas, basado en la conducta del ser humano, en donde se preferirá ganar menos pero seguro, que asumir riesgo y ganar más, mientras que, viéndolo desde el punto de vista de las pérdidas, preferirá correr riesgo a tener pérdidas mayores, si es que existe la posibilidad de no tener pérdidas.  
A raíz de esto se crea una función valor con las pérdidas y las ganancias, con forma de "S". Hace uso de comparaciones de pares entre criterios de decisión.

Algunas aplicaciones:

- Selección de mejores empresas brasileñas para trabajar. (Silva, Brandalise y Carneiro, 2011)
  - Priorización de órdenes de pedidos. (Trovato G, Pacheco L, 2012)
- *MAUT (Teoría de utilidad multiatributo)*: Es una metodología de agregación directa, identifica los objetivos de la evaluación y a los involucrados en el proceso de decisión.

Elige los atributos importantes para los involucrados y los organiza obteniendo un “árbol de valor”.

Estima la importancia relativa para cada involucrado de los atributos identificados previamente.

Identifica el desempeño de los atributos del árbol del valor, para cada una de las alternativas.

Agregar las medidas de importancia relativa con el desempeño de cada atributo.

Realizar un análisis de sensibilidad y obtener el resultado de la evaluación.

Algunas aplicaciones:

- Proyecto de localización de un nuevo aeropuerto en México. (Prawda, 1995)
- Localización. (Buffa, 1994).
- Elección de exámenes para elegir candidatos. (French, 1998)
- Selección de un sistema informático para la compañía.

- *AHP (Analytic hierarchy process)*: Es una metodología que consiste en formalizar la comprensión intuitiva de un problema complejo mediante la construcción de una jerarquía. Es capaz de involucrar todos los aspectos concernientes a la toma de decisión. Se modela una estructura jerárquica y se utiliza una escala de preferencias entre los elementos, se ordena dichos juicios y se obtiene un ranking de las alternativas.

Algunas aplicaciones:

- Evaluación de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Chile. (Eduardo Contreras 2001)
- Priorización ambiental. (Moreno-Jiménez y otro, 1999)
- Asegurando el valor en proyectos de construcción. (Manuel Herrera Chávez 2007)
- Diseño de un modelo estratégico de medición que incorpora los elementos claves de sostenibilidad asociados a la gestión organizacional. (Jennifer Alarcón Villamizar, 2012)
- Modelo del proceso jerárquico analítico para optimizar la localización de una planta industrial. (Julio Salas Bacalla 2014)

En la Tabla 3.1 se pueden observar las ventajas y desventajas de cada uno de los modelos multicriterios, de los cuales se podrá analizar cual se adapta de mejor manera a la necesidad de Esva S.A.

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de las metodologías multicriterio

METODOLOGÍA	VENTAJA	DESVENTAJA
<b>SCORING (PONDERACIÓN LINEAL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite abordar situaciones con incertidumbre o poca información.</li> <li>- Usa una función de valor para cada una de las alternativas.</li> <li>- Fácil y rápido de utilizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay criterios que no se pueden sumar directamente, por lo cual se deberá revisar la forma de normalización.</li> <li>- Supone transitividad de preferencias o la comparabilidad.</li> </ul>
<b>PROMETHEE (PREFERENCE RANKING ORGANISATION METHODS FOR ENRICHMENT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite la realización de ranking parcial o global.</li> <li>- Fácil implementación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No provee la posibilidad de amarrar una estructura del problema, y en caso de muchos criterios, puede llegar a ser una dificultad para que el decisor tenga una visión clara del problema y pueda evaluar los resultados.</li> <li>- No tiene guía en asignar los pesos, si no que asume que el decisor tiene la capacidad de realizar apropiadamente este proceso.</li> <li>- Se debe complementar con GALA.</li> </ul>
<b>ELECTRE (ELIMINATION ET CHOIX TRADUISANT LA REALITE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se basa en el establecimiento de una relación de superioridad.</li> <li>- Crea relaciones de comparación entre fuerte y débil.</li> <li>- Crea condiciones de concordancia y discordancia diferentes.</li> <li>- Admite la existencia de umbrales de indiferencia y umbrales de preferencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se considera la intensidad de las preferencias.</li> <li>- Pueden existir alternativas incomparables y de esta forma no se puede llegar a un orden de las mismas.</li> </ul>
<b>TODIM (TOMA DE DECISIÓN INTERACTIVA MULTICRITERIO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incluye el riesgo en la selección de la alternativa, considerando la conducta del ser humano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las preferencias deben estar claramente definidas.</li> </ul>
<b>MAUT (TEORÍA DE UTILIDAD MULTIATRIBUTO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene en cuenta el comportamiento de varias alternativas a partir de diferentes atributos.</li> <li>- Permite una aplicación rápida e implementación sencilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La suma aditiva de cada una de las funciones de utilidad admite como independientes cada uno de los criterios entre sí, sin tener en cuenta los demás atributos.</li> <li>- no permite revisar la interdependencia que existe en cada una de las funciones</li> </ul>

METODOLOGÍA AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)	VENTAJA	DESVENTAJA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No requiere generar el conjunto eficiente.</li> <li>- Fácil de entender por los decisores.</li> <li>- No conlleva mucho cálculo.</li> <li>- En muchos casos, ha sido el más se ha acertado a las verdaderas preferencias.</li> <li>- Permite una organización jerárquica del problema en distintos niveles, cosa que no pueden hacer los métodos que exigen comparaciones globales de las alternativas.</li> <li>- Incluye en el método la asignación de pesos o a los atributos, lo cual facilita la tarea de extraer de la mente del decisor esta información de forma confiable.</li> <li>- Detecta y acepta, dentro de ciertos límites la incoherencia de los decisores humanos.</li> <li>- No necesita información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, si no tan solo los juicios de valor del centro decisor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problema de la inversión del orden de preferencia: La ordenación de dos criterios puede verse alterada por la inclusión de otros criterios relevantes.</li> <li>- Cuando alguna matriz tiene juicios inconsistentes se hace más engorroso el trabajo, debido a que hay que eliminar esta inconsistencia.</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.2 Metodología seleccionada:**

Por lo visto en la Tabla 3.1 respecto a las ventajas y desventajas, se ha llegado a la conclusión, que por la naturaleza de los proyectos de Esva S.A, y, considerando la diversidad de criterios que han de ser analizados, la metodología que más se adapta a las necesidades de Esva es AHP permitiendo tomar variables no tan solo cuantitativas sino también cualitativas, y que si bien pueden ser subjetivas, puede ser de gran importancia al momento de tomar la decisión, además de obtener las preferencias, y la consistencia de ellas.

## **4. Metodología:**

En el presente apartado se explicará de manera acabada la metodología seleccionada anteriormente para la resolución del problema, señalando paso a paso su forma de operar.

### **4.1 Priorización de proyectos de inversión con AHP:**

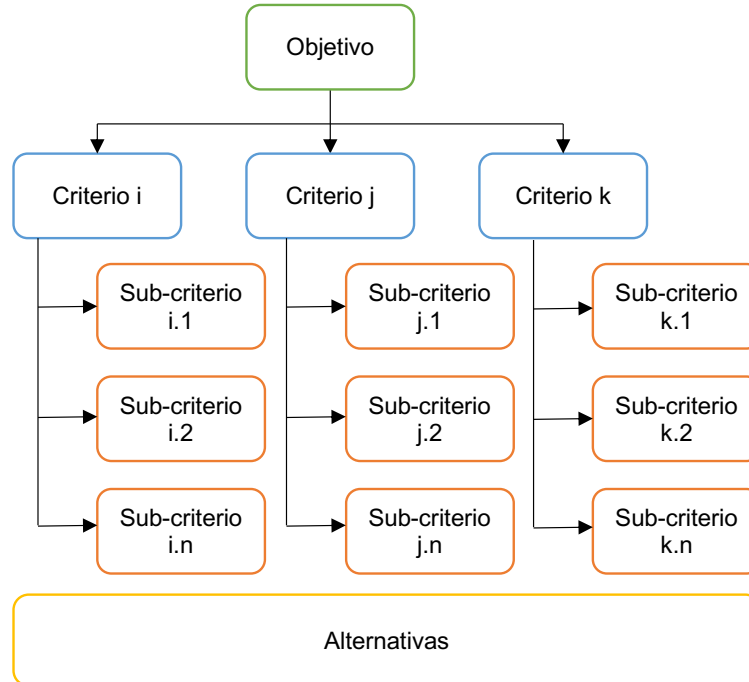
El proceso analítico jerárquico, AHP por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process, es una herramienta creada por Thomas Saaty, en la década del 70. Se basa en la descomposición del problema en fracciones más pequeñas, para simplificar el análisis, ordenándolas gráficamente de manera jerárquica.

Según su libro *The analytical hierarchy process* de 1980 cita: “Se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los sub- problemas en una conclusión”.

A continuación, se describen los pasos que se deben llevar a cabo:

## 4.2 Construcción de la jerarquía:

Se debe ilustrar el problema en un árbol de jerarquía, el cual está organizado en distintos niveles, siendo el primero el objetivo principal, los siguientes, criterios y sub criterios, para finalmente en el último nivel, situar las alternativas.



**Figura 4.1: Árbol de jerarquía tipo.**

Fuente: Elaboración propia, en base a Arancibia, Sara y Contreras, Eduardo. 2006. Presentación Multicriterio.

Para definir el objetivo principal se debe responder a la pregunta ¿Qué es lo que se pretende conseguir de la priorización?

Para definir los criterios y sub-criterios se debe preguntar ¿Qué criterios/sub-criterios aportan al cumplimiento del objetivo del nivel superior? Éstos no pueden ser redundantes, ya que cada uno captura una dimensión del problema.

Además, se debe tener en cuenta que cada atributo debe tener una escala de medición, es decir en que unidades se medirá, por ejemplo, de ser un criterio económico v.g. Valor de la inversión, deberá considerarse como pesos, dólares, UF o UTM, etc.

### 4.3 Realizar juicios de valor:

Se debe realizar comparación de pares entre elementos de un mismo nivel, respondiendo según la escala de Saaty ¿cuánto más importante es el criterio “X” respecto del “Y” para alcanzar el objetivo del nivel superior?

**Tabla 4.1: Escala de Thomas Saaty**

<i>Si X es .....que Y,</i>	<i>Número de preferencia por asignar es</i>
<i>Igualmente importante/preferido</i>	1
<i>Apenas más importante/preferido</i>	3
<i>Bastante más importante/preferido</i>	5
<i>Mucho más importante/preferido</i>	7
<i>Absolutamente más importante/preferido</i>	9

Fuente: Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (2008).

Los valores intermedios 2, 4, 6 y 8 representan acuerdos equitativos entre las preferencias adyacentes.

La cantidad de juicios que se deben emitir está definida por:

$$N(N - 1)$$

Donde:

*N*: cantidad de criterios de un mismo nivel que aportan a un mismo objetivo.

Posteriormente efectuado los juicios, los datos son sometidos a un proceso de análisis matricial, calculando las prioridades con el método de aproximación, el cual se explica a continuación:

- Se ordenan los valores obtenidos anteriormente en matrices de pares, que también consideran sus valores recíprocos.
- Se transforman las fracciones en números decimales con el fin de simplificar el desarrollo. Con ello se obtiene la “matriz simplificada”.
- Se calcula el cuadrado de la matriz simplificada y se suman los elementos de cada fila.
- Luego, cada uno de estos valores se divide por la suma resultante (se normaliza). Obteniendo el vector prioridad normalizado.

### 4.4 Emitir juicios de los proyectos respecto de los criterios:

En este paso se busca evaluar el grado de satisfacción de la alternativa con el criterio o sub- criterio. Y se puede realizar de 2 formas:

De ser un criterio cualitativo, se clasifica con la escala de Saaty cuan preferido es el proyecto, respecto al atributo al cual se evalúa, y se realiza el mismo proceso matricial que en el paso anterior.

En caso de contar con datos de rendimiento, se pueden utilizar directamente en vez de realizar comparaciones pareadas. De igual forma se deben normalizar y para ello se debe analizar si la preferencia indica que el valor deseado es el mayor o el menor.

A continuación, se explicará con un ejemplo breve:

**Tabla 4.2: Valores para explicar normalización en indicadores de rendimiento**

Criterio \ Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Criterio 1: VAN	40.000	3.000	20.000
Criterio 2: Costo operacional	50	1	10

Fuente: Elaboración propia

En caso de ser el mayor valor preferible, se normaliza en un paso, es decir, se realiza la suma total de los valores del mismo criterio, y luego al valor de cada una de las alternativas, se les divide por dicha suma, de manera de obtener el vector prioridad. En el ejemplo se puede observar que para el criterio 1: VAN, es preferible obtener el mayor valor de VAN. En ese caso, la mejor alternativa sería la uno.

Para el caso contrario, de ser preferible el menor valor, se debe normalizar en dos pasos. Primero se selecciona el dato de menor valor, y se divide por el valor de cada una de las alternativas. Posteriormente se suman dichos valores y se normaliza. Para este caso, en el criterio costo operacional, la alternativa más atractiva sería la número dos.

**Tabla 4.3: Ejemplo cálculo normalización indicadores de rendimiento.**

Criterio \ Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Total
Criterio 1: VAN	40.000 (63%)	3.000 (5%)	20.000 (32%)	63.000 (100%)
Criterio 2: Costo operacional.	50 1/50= 0,02 (2%)	1 1/1= 1 (89%)	10 1/10=0,1 (9%)	1,12 (100%)

Fuente: Elaboración propia.

La ventaja de utilizar los datos de rendimiento es el principio de la objetividad, pero supone a su vez una relación lineal, en caso de analizar los datos, y reconocer que la relación existente no es lineal, no se podrá utilizar, y deberá realizarse una comparación de pares.

## 4.5 Consistencia en comparación de pares:

Tanto en el paso dos como el tres, se deberá evaluar la consistencia de las evaluaciones en las matrices de pares. En caso de haber utilizado indicadores de rendimiento, el índice de consistencia y la razón de consistencia serán cero. Es decir, siempre son consistentes.

Con el procedimiento anterior se obtienen los valores prioritarios para los criterios de un mismo nivel y para las alternativas evaluadas según los criterios, pero para revisar si éstos son consistentes, es decir, sus relaciones muestren congruencia, Saaty estableció un procedimiento para hallar la relación de consistencia.

Sea:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = V * B$$

Donde:

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

$V$ : Es el vector de prioridades o vectores propios, que ya obtuvimos, de la matriz de comparaciones.

$B$ : Es una matriz fila, correspondiente a la suma de los elementos de cada columna de la matriz simplificada de comparaciones a pares.

Por ejemplo, de la **Tabla 4.4: Ejemplo cálculo consistencia comparación pares**. Tabla 4.4 se puede extraer la información para realizar dicho cálculo.

**Tabla 4.4: Ejemplo cálculo consistencia comparación pares.**

Portafolio X	V	B
Criterio A	0,56	1,7
Criterio B	0,09	11
Criterio C	0,35	3,2

Fuente: Elaboración propia.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \begin{bmatrix} 0,56 \\ 0,09 \\ 0,35 \end{bmatrix} * [1,7 \quad 11 \quad 3,2]$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 3,03$$

Luego se debe calcular el índice de consistencia:

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

En donde:

n: Tamaño de la matriz.  
En este caso sería:

$$CI = \frac{3,03 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = 0,015$$

Y finalmente se calcula la relación de consistencia:

$$RC = \frac{CI}{IA}$$

Donde:  
IA: Índice aleatorio según Tabla 4.5.

Continuando con el ejemplo:

$$RC = \frac{0,015}{0,58}$$

$$RC = 0,0258$$

**Tabla 4.5: Índice aleatorio según tamaño de matriz.**

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I.A.	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fuente: Thomas Saaty AHP

Para ser consistente  $RC \leq 0,1$ ; en caso de no ser consistente se debe reevaluar los juicios.

#### 4.6 Consistencia global:

Se debe evaluar también la consistencia global del árbol de jerarquía para comprobar realmente que el problema planteado de manera gráfica sea consistente. Para ello se calcula un índice de consistencia global agregado  $M$  y un índice aleatorio global  $\bar{M}$

Se define de la siguiente manera (extraído de: análisis de la inversión de capital para la ingeniería y la administración 1997, John R. Canada.)

$$M = CI \text{ de segundo nivel} + \begin{bmatrix} \text{Vector de ponderaciones} \\ \text{de prioridad de segundo} \\ \text{nivel.} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Vector de ponderaciones} \\ \text{de CI de tercer} \\ \text{nivel.} \end{bmatrix}$$

$$\bar{M} = RI \text{ de segundo nivel} + \begin{bmatrix} \text{Vector de ponderaciones} \\ \text{de prioridad de segundo} \\ \text{nivel.} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Vector de ponderaciones} \\ \text{de RI de tercer} \\ \text{nivel.} \end{bmatrix}$$

Si la razón de consistencia  $CRH \leq 0,1$ ; significa que la jerarquía es consistente.

#### 4.7 Ranking de las alternativas de acuerdo a los pesos dados

Una vez que ya se tienen los vectores prioridad de las alternativas y los pesos ponderados de los criterios, se procede a calcular la evaluación ponderada, que finalmente entregará el ranking final. Para ello se realiza una multiplicación entre los vectores propios de los criterios, sub-criterios y valoración de las alternativas. Y luego se suman. Aquel que obtenga un mayor valor será el más prioritario.

En el caso de la alternativa 1 sería  $0,25 \times (0,75) + 0,4 \times (0,3) + 0,35 \times (0,2) = 0,3775$ .

En el caso de la alternativa 2 sería  $0,25 \times (0,25) + 0,4 \times (0,7) + 0,35 \times (0,8) = 0,6225$ .

**Tabla 4.6: Ejemplo cálculo ranking.**

	<i>Criterio 1</i>	<i>Criterio 2</i>	<i>Criterio 3</i>	<i>Total</i>
<i>Vector Propio Criterios</i>	0,25	0,40	0,35	0,3775
<i>Vector propio alternativa 1</i>	0,75	0,3	0,2	0,6225
<i>Vector propio alternativa 2</i>	0,25	0,7	0,8	1

Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual, la alternativa más preferible es la 2.

## 5. Desarrollo y análisis de los resultados:

En el capítulo anterior se pudo determinar la propuesta de una metodología a utilizar para la resolución del problema permitiendo la priorización de un plan de inversiones que cuenta con una multiplicidad de proyectos heterogéneos, en su gran mayoría obras civiles como también de apoyo a la gestión. Ahora en el presente capítulo se entregará el desarrollo práctico del trabajo, la aplicación de la metodología propuesta y el posterior análisis de los resultados obtenidos, con el fin comprobar la utilidad de la herramienta propuesta, y el hecho de formular el problema de manera estructurada, para facilitar a futuro las decisiones programadas del business plan.

### 5.1 Priorización de proyectos de inversión con AHP

#### 5.1.1 Construcción de la jerarquía:

Para establecer la construcción de la jerarquía, se identifica en primer lugar el objetivo: en este caso práctico lo que se busca es elaborar una propuesta para el *business plan*, por lo cual se ubicará en la parte superior de la jerarquía, ya que es el nivel 1.

Luego se debe analizar cuáles son los criterios que influyen en lograr elaborar el business plan, y se consideró que, algo común de los proyectos que postulan al business plan es que existen tres tipos de categorías, las que corresponderán al nivel 2:

- Proyectos de crecimiento: buscan hacer crecer la compañía.
- Proyectos de mejoramiento: buscan mejorar la eficiencia de las instalaciones actuales o extender su vida útil.
- Proyectos de reposición: buscan reemplazar infraestructura que se encuentra en mal estado.

Por lo cual, para elaborar el business plan, éste debe estar compuesto por estos tres tipos de proyectos, en diferente medida para aportar al objetivo del business plan.

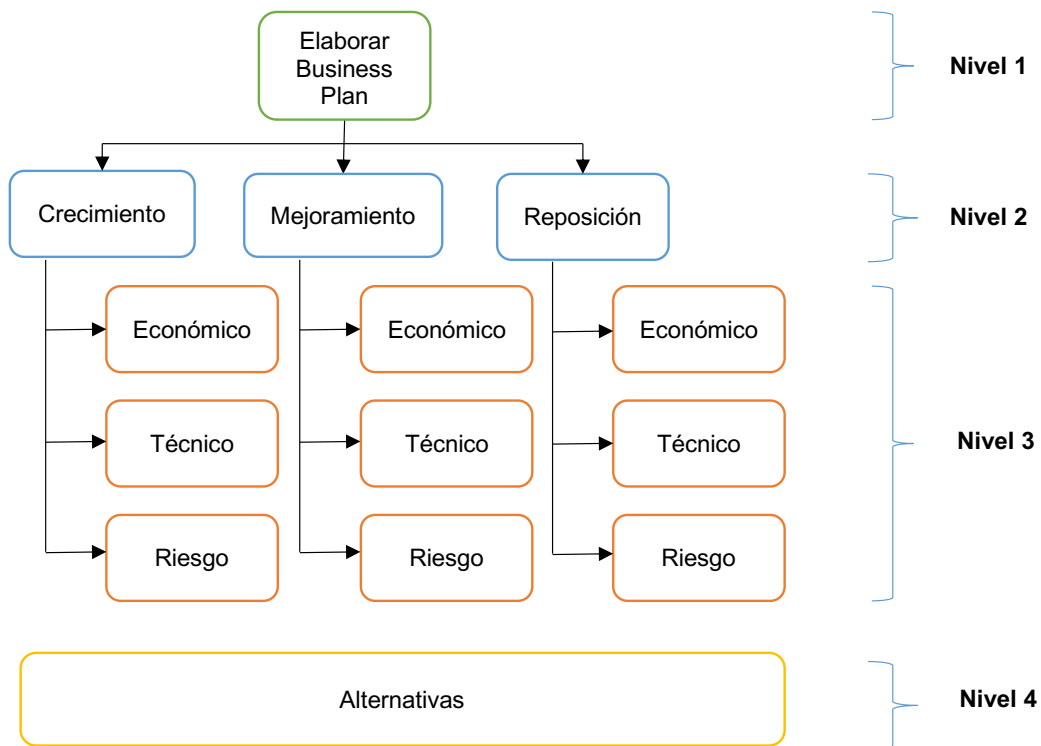
Como sub-criterios, se ha seleccionado que existen tres factores que influyen en la decisión de un proyecto, y se ubican en el tercer nivel. Estos factores son:

- De riesgo: es decir cada uno de los proyectos implica un cierto riesgo tanto la realización como la no realización de éste.
- Económicos: cada proyecto en toda empresa busca generar un beneficio económico en la compañía, ya sea percibiendo mayores ingresos, o bien generando ahorros en la operación. Es por ello que es un factor a considerar.
- Técnicos: corresponde a factores de rendimiento de la compañía que puedan apoyar en la realización de un proyecto respecto de otro.

Para el proceso de planificación de inversiones se cuenta con 8 portafolios: portafolio de producción, portafolio de distribución, portafolio de recolección, portafolio de disposición, portafolio de soporte, portafolio de recursos hídricos, portafolio de mantenimiento, portafolio de proyectos especiales.

Cada uno de estos portafolios cuentan con la misma estructura de jerarquía, sin embargo, las ponderaciones que se realizarán para cada uno de los criterios será diferente ya que para cooperar en la construcción del business plan, cada uno de los portafolios aportan en diferente medida.

Finalmente, en el último nivel, o sea el cuarto en este caso, se presenta las distintas alternativas para poder elaborar el business plan.



**Figura 5.1: Jerarquía elaboración propuesta business plan.**

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 Realizar juicios de valor:

Para realizar este paso, se necesitó identificar en primera instancia a aquellas personas que son parte del proceso de planificación de las inversiones, y que de manera objetiva pueda aportar con su juicio, como apoyo en la elaboración del business plan.

Se seleccionó entonces a los gerentes de la compañía, y personas expertas en las diversas áreas, ya que son ellos los responsables de postular sus proyectos al business plan, y se hizo un formulario previo, para que cada uno, de forma privada entregase su juicio. Posterior a ello, se organizó dos reuniones. Una para revisar los criterios del nivel 2 y otra para revisar los sub criterios del nivel 3.

En cada una de estas reuniones se conversaron los juicios previamente emitidos, y en aquellos que existiesen diferencia en la forma de evaluar, se les pidió volviesen a hacer la evaluación hasta llegar a un consenso.

Se explicará un breve ejemplo de la encuesta que se realizó, y los resultados obtenidos para el portafolio de producción. Y luego a la relación de producción con el subcriterio crecimiento.

Para todo portafolios existe tres criterios, crecimiento mejoramiento y reposición, pero sin embargo cada uno de éstos, se tiene diferente importancia según los objetivos de la compañía. Por ejemplo, en producción se realizó la siguiente pregunta apoyada de la matriz que se encuentra en la **Tabla 5.1** :¿Qué tan importante es el criterio de la fila respecto del criterio de la columna?

En el caso de que se compare un mismo criterio, éste tomará el valor 1, es decir, es igual de importante, en cambio, cuando se compara el criterio crecimiento respecto de mejoramiento, los encuestados determinaron que es bastante más importante el criterio crecimiento respecto de mejoramiento para lograr dicho objetivo, es decir en este caso tomará el valor 5 según escala de Saaty mencionada en la sección anterior en **Tabla 4.1**. A su vez si se compara de modo inverso, ¿cuán importante es mejoramiento respecto a crecimiento? tomará su valor recíproco, es decir 1/5.

**Tabla 5.1: Producción juicios de valor para los criterios nivel 2**

PORTAFOLIO PRODUCCION	CRECIMIENTO	MEJORAMIENTO	REPOSICIÓN
CRECIMIENTO	1,00	5,00	2,00
MEJORAMIENTO	0,20	1,00	0,20
REPOSICIÓN	0,50	5,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Los datos consensuados en las reuniones respecto a criterios del nivel 2 se encuentran en la Tabla 5.2.

**Tabla 5.2: Resumen juicios de valor para los criterios nivel 2**

PORTAFOLIO	CRECIMIENTO / MEJORAMIENTO	CRECIMIENTO / REPOSICIÓN	REPOSICIÓN / MEJORAMIENTO
PRODUCCIÓN	5	2	5
DISTRIBUCIÓN	1	1/5	4
RECOLECCIÓN	5	1/2	5
DISPOSICIÓN	7	3	5
SOPORTE	1/3	1/5	2
RECURSOS HÍDRICOS	7	4	3
MANTENIMIENTO	1/9	1/9	3
PROYECTOS ESPECIALES	7	7	1/3

Fuente: Elaboración propia.

De modo similar, para explicar cómo se obtienen los juicios de valor para criterios del nivel 3, en el portafolio de producción para la categoría crecimiento, existen 3 subcriterios: económico, técnico y riesgo. Cada uno de estos, tiene diferente importancia, en este caso se realizó la siguiente pregunta apoyada de la matriz que se encuentra en la **Tabla 5.3** :¿Qué tan importante es el criterio de la fila respecto del criterio de la columna?

En el caso de que se compare un mismo criterio, éste tomará el valor 1, es decir, es igual de importante, en cambio, cuando se compara el criterio económico respecto de técnico, los encuestados determinaron que es casi apenas más importante el criterio económico respecto de técnico para lograr dicho objetivo, es decir en este caso tomará el valor 2 según escala de Saaty mencionada en la sección anterior en **Tabla 4.1**. A su vez si se compara de modo inverso, ¿cuán importante es técnico respecto a económico? tomará su valor recíproco, es decir 1/2.

**Tabla 5.3 Producción- crecimiento juicios de valor para los sub criterios nivel 3**

PRODUCCION- CRECIMIENTO	TÉCNICO	ECONÓMICO	RIESGO
TÉCNICO	1,00	0,50	0,50
ECONÓMICO	2,00	1,00	0,50
RIESGO	2,00	2,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

Los datos consensuados en las reuniones respecto a criterios del nivel 2 se encuentran en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4: Resumen juicios de valor para los sub criterios nivel 3**

<b>PORTAFOLIO</b>	<b>ECONÓMICO / RIESGO</b>	<b>TÉCNICO / ECONÓMICO</b>	<b>TÉCNICO / RIESGO</b>
PRODUCCIÓN - CRECIMIENTO	1/2	1/2	1/2
PRODUCCIÓN - MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
PRODUCCIÓN - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
DISTRIBUCIÓN - CRECIMIENTO	1/2	1/2	1/2
DISTRIBUCIÓN - MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
DISTRIBUCIÓN - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
RECOLECCIÓN - CRECIMIENTO	1/2	1/2	1/2
RECOLECCIÓN - MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
RECOLECCIÓN - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
DISPOSICIÓN - CRECIMIENTO	1/2	1/2	1/2
DISPOSICIÓN - MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
DISPOSICIÓN - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
SOPORTE - CRECIMIENTO	1	1/5	1/5
SOPORTE - MEJORAMIENTO	5	1/5	1/3
SOPORTE - REPOSICIÓN	1	1	1
RECURSOS HÍDRICOS - CRECIMIENTO	1/2	1/2	1/2
RECURSOS HÍDRICOS – MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
RECURSOS HÍDRICOS - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
MANTENIMIENTO - CRECIMIENTO	1	1	1
MANTENIMIENTO - MEJORAMIENTO	2	1/3	1/2
MANTENIMIENTO - REPOSICIÓN	1/2	1	1/2
PROYECTOS ESPECIALES – CRECIMIENTO	1	1/5	1/5
PROYECTOS ESPECIALES – MEJORAMIENTO	5	1/5	1/3
PROYECTOS ESPECIALES – REPOSICIÓN	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Luego del proceso matricial efectuado según el paso 4.3 explicado anteriormente, y cuyo cálculo se detalla en el Anexo 9.7 se obtuvo los siguientes valores de los vectores prioridad para cada uno de los criterios y sub-criterios, según cada uno de los portafolios que fueron evaluados.

Tabla 5.5: Resumen vector prioridad nivel 2

<b>PORTAFOLIO</b>	<b>CRECIMIENTO</b>	<b>MEJORAMIENTO</b>	<b>REPOSICIÓN</b>
<b>Producción</b>	0,56	0,09	0,35
<b>Distribución</b>	0,15	0,16	0,69
<b>Recolección</b>	0,35	0,09	0,56
<b>Disposición</b>	0,65	0,07	0,28
<b>Soporte</b>	0,11	0,31	0,58
<b>Mantenimiento</b>	0,05	0,3	0,65
<b>Recursos Hídricos</b>	0,71	0,08	0,21
<b>Proyectos Especiales</b>	0,78	0,15	0,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.6: Resumen vector prioridad crecimiento respecto del nivel 3

<b>CRECIMIENTO</b>	<b>TÉCNICO</b>	<b>ECONÓMICO</b>	<b>RIESGO</b>
<b>Producción</b>	0,19	0,31	0,5
<b>Distribución</b>	0,19	0,31	0,5
<b>Recolección</b>	0,19	0,31	0,5
<b>Disposición</b>	0,19	0,31	0,5
<b>Soporte</b>	0,09	0,45	0,45
<b>Mantenimiento</b>	0,33	0,33	0,33
<b>Recursos Hídricos</b>	0,19	0,31	0,5
<b>Proyectos Especiales</b>	0,09	0,45	0,45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.7: Resumen vector prioridad mejoramiento respecto del nivel 3

<b>MEJORAMIENTO</b>	<b>TÉCNICO</b>	<b>ECONÓMICO</b>	<b>RIESGO</b>
<b>Producción</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Distribución</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Recolección</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Disposición</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Soporte</b>	0,09	0,71	0,20
<b>Mantenimiento</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Recursos Hídricos</b>	0,16	0,54	0,3
<b>Proyectos Especiales</b>	0,09	0,71	0,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8: Resumen vector prioridad reposición respecto del nivel 3

<b>REPOSICIÓN</b>	<b>TÉCNICO</b>	<b>ECONÓMICO</b>	<b>RIESGO</b>
<b>Producción</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Distribución</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Recolección</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Disposición</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Soporte</b>	0,33	0,33	0,33
<b>Mantenimiento</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Recursos Hídricos</b>	0,25	0,25	0,5
<b>Proyectos Especiales</b>	0,33	0,33	0,33

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Emitir juicios de los proyectos respecto de los criterios:

Para realizar esta evaluación, se debe considerar que se aplica al último nivel de la jerarquía anterior a las alternativas, vale decir, en este caso práctico en los criterios técnico, económico y de riesgo.

Para esta evaluación se trabajó con indicadores de rendimiento, ya que se maneja dicha información, o bien podía ser obtenida mediante cálculos. Ésta fue solicitada al momento de ingresar la postulación en el portal de inversiones de Esval S.A. creado para el proceso. Al ser certera y no subjetiva, no necesita realizar el proceso de comparación de pares, ni tampoco el posterior cálculo de la consistencia, ya que es una propiedad que poseen los datos duros.

Anterior a la evaluación propiamente tal, se tuvo que seleccionar aquellos indicadores capaces de medir la importancia técnica, económica y de riesgo. Se explicará a continuación los indicadores seleccionados.

En cuanto a los criterios de riesgo, se utilizó la matriz corporativa que cuenta Esval para medir el riesgo, distinguiendo los distintos tipos de impacto y la probabilidad de ocurrencia para así poder realizar el cálculo en caso de ocurrir el evento indeseado. En los anexos 9.3 se detalla la métrica. Dando como resultado un valor entre 1 y 25.

En cuanto al criterio económico se solicitó los siguientes datos: IVAN, TIR y VAN sin embargo se trabajó solamente con este último, y solo aplicó a proyectos sobre los 200 millones de pesos. Vale considerar que, del total de los proyectos postulados, aquellos sobre 200 millones corresponden a un 91% de los montos postulados al Business Plan.

En los anexos se adjunta la planilla tipo que se utilizó para realizar los cálculos, la cual fue confeccionada por la subgerencia de planificación, y para la recopilación del indicador de cada proyecto tuvo que ser completado los datos por los promotores de los proyectos.

Finalmente, el criterio técnico fue el más complejo en la identificación de indicadores capaces de medirlo, por la diversidad de proyectos heterogéneos. Se conversó con las diferentes gerencias promotoras de los proyectos, para diferenciar la urgencia de realización entre uno y otro, seleccionando un total de 42 indicadores técnicos, de los cuales se podía aplicar uno o varios en el mismo proyecto. Si desea revisar cada uno de los indicadores seleccionados, en el anexo 9.4 se encuentra la lista general, con código, información solicitada y unidad de medida.

Una vez ingresados los indicadores, éstos serán la información necesaria para evaluar, pero como todos éstos poseen distintas unidades de medidas, y se busca obtener un indicador único, comparable con proyectos heterogéneos de distinto alcance, se tuvo que crear la siguiente discriminación:

La métrica para criterios técnicos, asigna valores de 1 a 5, siendo 1 poco importante y 5 muy importante, luego dicho valor se normaliza.

La métrica para criterio económico será el valor normalizado de el VAN.

La métrica para el criterio de riesgo será su escala de 1 a 25 normalizada.

Cabe destacar que la escala utilizada podría ser de una mayor dimensión o menor, dependiendo de la homogeneidad de los datos. Para este caso práctico, los valores

seleccionados pudieron discriminar el favoritismo de una alternativa sobre otra. A continuación, se detallan las escalas:

- a) Riesgo: los valores de la matriz corporativa de Esva, asignaba valores de 1 a 25, posterior a ello se normalizó.
- b) Económico: su clasificación corresponde al valor del VAN normalizado.
- c) Técnico: para cada uno de los 42 indicadores, se seleccionó una escala de 1 a 5, dependiendo de los valores y la relevancia que tenían según la sensibilidad que manejaban los expertos. Para cada tipo de indicador el valor 5 considera una necesidad de urgencia en el desarrollo del proyecto. (En anexo 9.5 se encuentra el detalle). Ahora, es muy importante señalar que, en el caso de los indicadores técnico, como se nombró anteriormente, un proyecto podía ser evaluado por uno o más, por lo cual, el valor que representará al criterio técnico es aquel que obtenga un mayor puntaje, ya que es el que muestra el caso más favorable para su realización y utilización de recursos. Por ejemplo, si el proyecto código 10.043 posee dos indicadores técnicos, ya clasificados por las escalas, obteniéndose para el indicador técnico uno, un valor de 3 y para el indicador técnico dos un valor de 5. Se escogerá el mayor.

#### 5.1.4 Consistencia en la comparación de pares:

Para determinar que los juicios emitidos anteriormente por los gerentes de Esva son consistentes, se sometieron a un proceso matemático que fue descrito en el apartado 4.5: Consistencia en comparación de pares:

Además se debe recordar que cuando se hace comparación de pares solamente se debe utilizar este proceso, en este caso práctico, solo se utilizó en el punto 5.1.2, ya que en el 5.1.3 se utilizaron valores de rendimientos, lo cual considera datos certeros y consistentes.

Entonces hay que tomar ciertas consideraciones. Todas las evaluaciones que se realizaron fueron con matrices de comparación de pares de tamaño 3, lo cual entrega dos datos importantes para su cálculo. El valor de  $n=3$  y el valor del índice aleatorio IA: 0,58.

**Tabla 5.9: Razón de consistencia para cada una de las matrices comparación de pares**

PORTAFOLIO	NIVEL 2	CRECIMIENTO NIVEL 3	MEJORAMIENTO NIVEL 3	REPOSICIÓN NIVEL 3
Producción	0,02597	0,04010	0,00629	0,00000
Distribución	0,00298	0,04010	0,00629	0,00000
Recolección	0,02597	0,04010	0,00629	0,00000
Disposición	0,02614	0,04010	0,00629	0,00000
Soporte	0,00203	0,00000	0,06180	0,00000

PORTAFOLIO	NIVEL 2	CRECIMIENTO NIVEL 3	MEJORAMIENTO NIVEL 3	REPOSICIÓN NIVEL 3
Mantenimiento	0,04082	0,00000	0,00629	0,00000
Recursos Hídricos	0,01384	0,04010	0,00629	0,00000
Proyectos especiales	0,04922	0,00000	0,06179	0,00000

Fuente: Elaboración propia

Al revisar la *Tabla 5.9: Razón de consistencia para cada una de las matrices comparación de pares* Tabla 5.9 se puede observar que todos los valores obtenidos son menores a 0,1 es decir, todas las evaluaciones emitidas son consistentes, ya que el límite máximo de tolerancia es que la razón de consistencia tenga un valor de 0,1.

### 5.1.5 Consistencia global:

Para revisar consistencia global, vale decir la consistencia de la jerarquía completa, se siguieron los pasos del apartado 4.6, y a continuación en la Tabla 5.10 se puede observar los resultados. El detalle de los cálculos se encuentra en anexos.

**Tabla 5.10: Resumen consistencias globales para cada portafolio.**

PORTAFOLIO	C.R.H.
Producción	0,025
Distribución	0,005
Recolección	0,020
Disposición	0,026
Soporte	0,011
Mantenimiento	0,021
Recursos Hídricos	0,021
Proyectos Especiales	0,029

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que todos los valores obtenidos son menores a 0,1 es decir, la jerarquía para cada uno de los portafolios es consistente, ya que el límite máximo de tolerancia es que la razón de consistencia tenga un valor de 0,1.

### 5.1.6 Ranking de las alternativas de acuerdo a los pesos dados

En este paso se procede a realizar la multiplicación de los vectores propios que se obtuvieron según cada jerarquía con los valores emitidos por los criterios técnicos, realizando una suma del valor ponderado final.

Para ser más práctico en la explicación se entregará el siguiente ejemplo:

**Tabla 5.11: Ejemplo proyecto.**

CODIGO PROYECTO	NOMBRE	PORTAFOLIO	CATEGORÍA OTTP	PLAN DE DESARROLLO
698	Ejecución Mejoramiento Grupos Electrógenos 2016-2018, Esva	Distribución	Mejoramiento	PD

Fuente: Elaboración propia.

En los cálculos anteriores se puede extraer de las *Tabla 5.5* y *Tabla 5.7* los porcentajes de cada una de las categorías y los valores emitidos para cada criterio se resumen a continuación:

**Tabla 5.12: Ejemplo cálculo priorización.**

MEJORAMIENTO	TÉCNICO	ECONÓMICO	RIESGO
16%	16,3%	54,0%	29,7%
Vector ponderado	0,026	0,0864	0,0475
	Indicador técnico	Indicador económico	Indicador riesgo
Valor indicador	3/768	32031699/7441909612	8/3263
Resultado	0,0001	0,00037	0,0001
Resultado ponderado	0,00059		

Fuente: Elaboración propia.

En vector ponderado, es el valor obtenido de la multiplicación del peso categoría OTTP mejoramiento para el criterio técnico, económico y financiero. Luego ese vector, se multiplica por el valor del indicador correspondiente, y posteriormente se suman, obteniendo el resultado ponderado.

Este año se postularon al *business plan* 2017-2021, 896 proyectos, los cuales suman un monto total de \$M 425.018.941. De dicho total se discriminó solo aquellos proyectos que contasen con el total de los indicadores (aquellos sobre los 200 millones) y que representan el 91% de la inversión, para poder realizar el cálculo.

Utilizando el procedimiento descrito anteriormente, se obtuvo un valor ponderado comparable para las diversas alternativas.

Por el modelo propuesto, y considerando un presupuesto quinquenal de \$M 311.861.233 aproximadamente, se seleccionó un total de 228 proyectos, de los 273 postulados sobre 200 millones y cuya distribución de montos queda de la siguiente manera:

**Tabla 5.13: Resumen montos anuales del presupuesto quinquenal.**

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
<b>MODELO</b>	54.374.532	69.627.208	75.026.701	64.103.589	47.952.783	311.084.813

Fuente: Elaboración propia.

La selección de proyectos según portafolio fue la siguiente:

**Tabla 5.14: Resumen distribución proyectos según portafolio.**

PORTAFOLIO	APROBADOS	RECHAZADOS	TOTAL	% APROBACIÓN
<b>PRODUCCIÓN</b>	62	14	76	82%
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	67	2	69	97%
<b>RECOLECCIÓN</b>	28	4	32	88%
<b>DISPOSICIÓN</b>	25	9	34	74%
<b>SOPORTE</b>	3	3	6	50%
<b>MANTENIMIENTO</b>	12	2	14	86%
<b>RECURSOS HÍDRICOS</b>	25	7	32	78%
<b>PROYECTOS ESPECIALES</b>	6	4	10	60%
	228	45	273	84%

Fuente: Elaboración propia.

Para validar el modelo, se consideró las preferencias de los expertos que componen el comité CapEx y comité de portafolio, quienes aprobaron bajo su conocimiento y con la misma información utilizada, un monto quinquenal de M\$362.000.000 correspondiendo a 547 proyectos aprobados y 349 proyectos que fueron rechazados. De estos, aquellos proyectos sobre los 200 millones de pesos corresponden a un monto quinquenal aprobado de 311.861.233, correspondiendo a 273 proyectos postulados de los cuales 214 fueron aprobados y 59 fueron rechazados.

## 6. Validación:

En el presente capítulo, se analizará el modelo propuesto, los beneficios y desventajas y se contrastará con el modelo actual, de manera de comparar ambos y llegar finalmente a una conclusión.

Como se nombró anteriormente, durante el trabajo realizado se utilizó aquellos proyectos que tenían un monto de inversión postulado sobre los 200 millones, ya que en ellos se contaba con toda la información para poder realizar la evaluación en el modelo. En total se postularon 273 proyectos, de los cuales el monto aprobado fue de \$M 311.861.233.000

Para poder comparar los modelos, de manera numérica se puede observar en la siguiente tabla comparativa la cantidad de proyectos aprobados, y el valor del VAN y Riesgo de no realizar el proyecto y seguir con la situación actual.

**Tabla 6.1: Comparación modelos actual v/s propuesto.**

ÍTEM	MODELO ACTUAL		MODELO PROPUESTO	
<b>CANTIDAD PROYECTOS APROBADOS</b>	214		228	
<b>VALOR VAN</b>	M\$	10.157.546.199	M\$	9.766.797.115
<b>VALOR RIESGO</b>	2.620		2.772	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, en cuanto al indicador económico, el modelo actual genera 390.749.084 pesos más que el modelo propuesto, por lo cual, en cuanto a este criterio, sería mejor la opción actual

Sin embargo, en cuanto al riesgo, este indicador mide el riesgo actual en caso de no realizar el proyecto, vale decir, es correcto seleccionar aquellos proyectos que actualmente tienen un riesgo de mayor valor, ya que el objetivo es aminorar la probabilidad o impacto de que ocurra dicho suceso infortunado. Entonces aquí es preferible el modelo propuesto, ya que la cifra de riesgo se eleva a 2.772 mientras que en el modelo actual solo alcanza el valor de 2.620.

En cuanto al criterio técnico, existen diferentes indicadores, por lo cual cada una de sus cifras deben ser comparadas, de los 30 indicadores técnicos que afectaron a los proyectos sobre 200 millones, tan solo 6 poseen diferencias y se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 6.2: Comparación indicadores técnicos en modelo actual v/s propuesto.**

	<b>MODELO ACTUAL</b>	<b>MODELO PROPUESTO</b>
<b>% BOD ACTUAL</b>	-711,3605539	-554,1505539
<b>% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD QINST. AS</b>	1520,07	1567,07
<b>% SUPERÁVIT/DÉFICIT VOL. REGULACIÓN</b>	902,59	802,79
<b>CLIENTES AFECTADOS POR CORTES AL AÑO</b>	1148	1329
<b>CONTINUIDAD DE SERVICIO AP</b>	8,9484	9,3912
<b>RESPALDO DE FUENTES</b>	3	6

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a el % BOD Actual, es prioridad seleccionar aquellos proyectos que actualmente presentan un mayor déficit en la demanda, en este caso ambas presentan una cifra negativa, es decir existe un déficit actual, sin embargo, aun así, se debe seleccionar el caso menos favorable, en este caso, el modelo actual selecciona una mayor preferencia.

En cuanto al %BOD Q INST. AS que significa el balance de oferta demanda del caudal instantáneo de aguas servidas esperado en caso de realizarse el proyecto, es conveniente que la cifra sea la mayor, es decir que logre el superávit más alto, en este caso el modelo propuesto lo logra.

En cuanto al % BOD volumen regulación significa que el balance de oferta demanda de regulación AP debe aumentar, en este caso el modelo propuesto logra la cifra más alta.

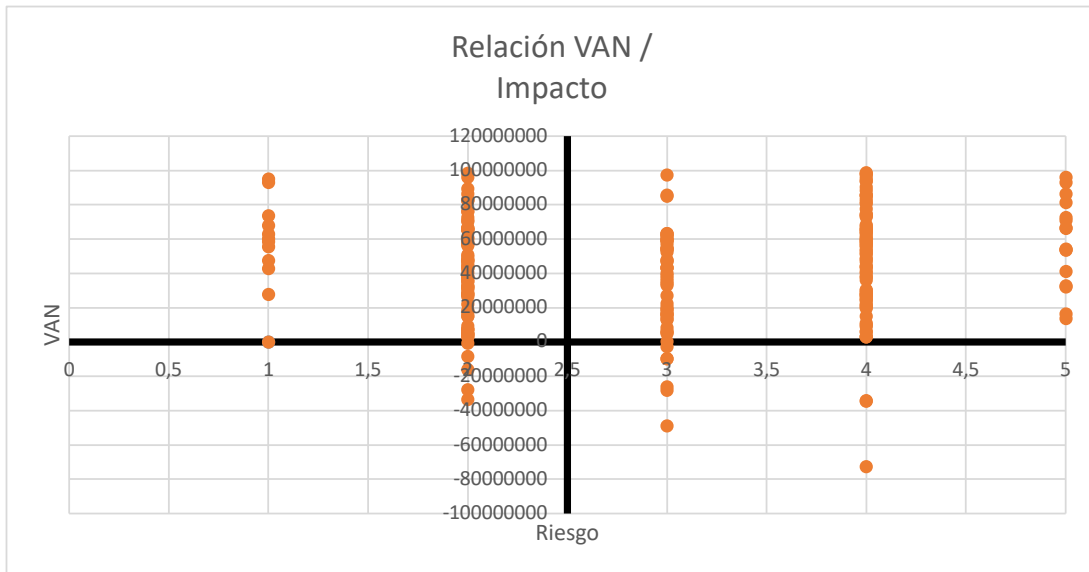
En cuanto a la disminución esperada de clientes afectados, el modelo propuesto logra disminuir en mayor cantidad los clientes afectados por corte del suministro.

En cuanto a la mejora del indicador de continuidad del servicio, el modelo propuesto logra aumentar en más puntos la continuidad del servicio en agua potable.

Y finalmente en el último indicador que existe diferencia es en el respaldo de fuentes actualmente, eso quiere decir que es conveniente escoger aquellos proyectos que actualmente no tienen respaldo de fuentes, lo cual es seleccionado con una cifra mayor, entonces quien cubre en mejor medida este criterio es el modelo propuesto.

Entonces, revisando el análisis anterior, el modelo propuesto logra mejores cifras en el aspecto riesgo y en mayor medida en el aspecto técnico, mientras que el modelo actual logra mejores cifras en el aspecto económico. Es por ello que además de comparar el modelo actual, versus el propuesto, se analizará el impacto versus el VAN de los proyectos aprobados, para analizar el comportamiento de estos.

Se puede observar en la Figura 6.1 que, principalmente los proyectos seleccionados en el modelo propuesto tienen dos comportamientos en su mayoría. Por una parte, en el cuadrante número 1 se ubican los proyectos que poseen un mayor impacto y además generan un VAN positivo, y por otra parte en el cuadrante número 2, se encuentran aquellos que poseen un menor impacto, pero sin embargo de igual forma generan un van positivo.



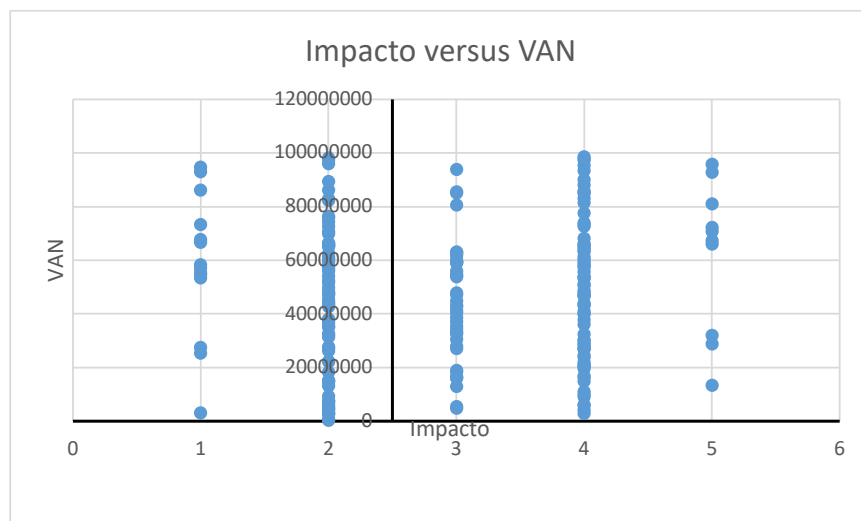
**Figura 6.1: Relación VAN e Impacto modelo propuesto**

Fuente: Elaboración propia

Son una minoría los proyectos que se encuentran con VAN negativo, pero que a su vez presentan un impacto alto para la compañía, y finalmente son aislados los proyectos que pese a tener un impacto menor, tienen un van negativo.

Entonces se puede decir que el comportamiento de la selección de proyectos es el esperado. De esta forma el modelo ayuda a guiar de manera objetiva el orden de prioridades de la compañía.

En contraste los modelos actuales solo existen proyectos con VAN positivo seleccionado, pero sin embargo si se analiza el impacto, este es menor, por lo cual no busca aminorar el riesgo actual. En la Figura 6.2 se puede observar.



**Figura 6.2: Relación VAN e Impacto modelo actual**

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Conclusiones:

Los problemas de decisión, priorización y selección pueden ser apoyadas por distintas metodologías, pero hoy en día no se ha podido encontrar la superioridad de alguna específicamente. Como se detalló en el trabajo, cada una de éstas se adapta en distinta manera a cada problema, dependiendo de las características que lo componen.

En cuanto a Esval S.A. y la aplicación práctica de AHP como herramienta de apoyo en el proceso de selección de inversiones ha sido de ayuda sumamente valiosa en el ordenamiento preliminar de la preferencia de los proyectos, en el problema de decisión multicriterio al que se enfrenta, es una herramienta que permitió visualizar gráficamente el problema, siendo relativamente fácil su aplicación.

Hay que considerar que para el correcto uso de esta metodología y si para los próximos años, se decide utilizar la misma, se debe considerar que la información deficiente, conducirá, de cierto, a resultados erróneos, y alejados de la realidad es por ello que dicho método reclama para el logro de una fructífera aplicación, una estructura en donde exista autoridad, disciplina y responsabilidad.

Para seleccionar basta con la información que se tiene, pero posteriormente se podría ampliar el estudio a planificar, considerando para ello el tiempo, costo y los recursos de manera de disminuir el tiempo de ejecución, y obtener anticipadamente los frutos esperados.

El evaluador tendrá que enfrentar su tarea con mucho cuidado, ya que en él recae la responsabilidad de asignar recursos ante los distintos agentes involucrados, el inversionista y su capital, tiempo y prestigio; la compañía y su imagen, y por sobre todo como fin último y prioritario, la búsqueda de la mejora del bienestar de las personas y clientes.

Se ha logrado a través de la metodología multicriterio un proceso de toma de decisión adecuado, con una herramienta flexible y simple, que permite el desglose de un problema complejo de decisión en una jerarquía que facilita un análisis por partes y secuencial. Además, permitió a los expertos conocer que existen variables que deben ser incluidas en los futuros catastros para una evaluación más completa y eficiente.

La metodología AHP es una técnica de ayuda sumamente valiosa en un problema de decisión multicriterio al que se enfrenta. Es especialmente apropiado para asistir a un grupo de decisores expertos a alcanzar un consenso sobre un conjunto de alternativas factibles. La utilización de la modelización multicriterio es una herramienta eficaz en la simulación de clasificaciones de alternativas. Su relativa sencillez, en comparación con otros métodos, la convierte en una metodología a ser considerada en los casos en que se desee modelizar la toma de decisiones en un determinado escenario. En la elección de los criterios de las alternativas se deben considerar, en general, los más importantes para el caso en estudio; de esta forma, se evita la complejidad del modelo y el costo de tiempo. En la modelización realizada, las funciones de utilidad de cada criterio se eligen de acuerdo al conocimiento del caso, la intuición y la experiencia considerando la naturaleza de la alternativa. Los principales criterios que afectarán a la toma de decisiones es el que mayor o menor peso se asigne, el criterio de menor peso es el menos importante pero relevante para el proceso del estudio. Es

muy importante que las preferencias del decisor encuentren un modelo matemático adecuado que las exprese sin cambiarlas, intentando recoger todos y cada uno de los elementos que tenga establecido el decisor. Se podría definir otras funciones de preferencias y asociarlas a los criterios originales, esta tarea debe efectuarse cuidadosamente para no distorsionar los resultados finales sino para que reflejen la intensidad de las preferencias del decisor. Esta técnica puede extenderse a la utilización del análisis clúster donde se plantean simulaciones de alternativas homogéneas, que reducen la dificultad en simular las decisiones de alternativas frecuentemente compleja e influida por diversos factores.

## 8. Bibliografía:

[Arancibia&Contreras año] Arancibia, Sara; Contreras, Eduardo. Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva. Ceges Universidad de Chile, Santiago, Chile, año.

[Canada97] Análisis de la inversión de capital para la ingeniería y administración, 1997

[Cervantes10] Cervantes, Mariamar. Nuevos Métodos Meta Heurísticos para la Asignación Eficiente, Optimizada y Robusta de Recursos Limitados. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Valencia, España. 2010.

[Chica13] Chica, Carlos. Modelo matemático multicriterio para coadyuvar a la toma de decisiones en la selección de alternativas en Pymes. 2013.

[Esval15] Memoria Anual Esval, Valparaíso, Chile. 2015.

[Esval14] Reporte Integrado Corporativo Esval S.A. 2014.

[Herrera07] Herrera, Manuel. Asegurando el valor en proyectos de construcción: una guía estratégica para la clasificación, evaluación y selección de sistemas de un proyecto de construcción Pontificia universidad católica del Perú. Lima, Perú, 2007.

[Ingenio y empresa16] Ingenio y empresa: Matriz Vester para la priorización de problemas, 2016, (disponible vía web a través de <https://ingenioempresa.com/matriz-de-vester/> visitada en diciembre 2017)

[Noreen95] Noreen Eric, Introducción a los procesos de razonamiento

[Saaty80] Saaty Thomas, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.EEUU, 1980.

[Silvia11] Veronica Silvia Salas Villegas. Modelo de priorización de proyectos de inversión pública con enfoque multicriterio: caso semapa. Revista Perspectivas n.28 Cochabamba 2011

[Uribe10] Uribe, Natalia. Diseño de una metodología multicriterio para la priorización de proyectos de inversión del banco de proyectos de la Universidad del Valle Sao Carlos, Brasil, 2010.



## 9.2 Matriz Vester:

Tabla 9.1: Matriz Vester.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25		
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P8	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P10	1	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P12	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P13	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P18	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
P21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0
P22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0
P23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0
P24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0
P25	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

### 9.3 Riesgo corporativo:

Riesgo: Es un criterio de importancia al considerar la necesidad de realización del proyecto de inversión. Actualmente Esva cuenta con una matriz corporativa que clasifica el riesgo en una escala de 1 a 25. Recordar que la forma de cálculo del riesgo es la siguiente:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad.}$$

Esva identifica 7 tipos de impactos: (1) medioambientales, (2) financieros, (3) en la imagen y comunidad, (4) daño e interrupción a clientes, (5) efectos de salud y seguridad de sus trabajadores y colaboradores, (6) efectos normativos o legales, (7) efectos en la administración.

A continuación, se detallan las métricas para cada uno de los impactos:

**Tabla 9.2: Métrica de impacto medio ambiental**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	Alteración recuperable de las condiciones del medio en el corto plazo (1 año) sin daños a los otros medios receptores Efecto al interior de las instalaciones de Esva y AdV
2	Menor	Alteración recuperable de las condiciones del medio en el corto plazo (1 año), ocasionando molestias al personal de Esva o AdV y/o comunidad, puede haber daños menores a los demás medio receptores Efecto solo a los vecinos inmediatos
3	Moderado	Alteración irrecuperable de las condiciones del medio en el largo plazo (mayor a 3 años) sin daño a las personas, pero puede causar daño en los demás medios receptores Efecto nivel comunal
4	Mayor	Alteración irrecuperable de las condiciones del medio con afectación a la salud de las personas y/o puede causar la muerte de la flora y fauna Efecto nivel provincial
5	Catastrófico	Alteración irrecuperable de las condiciones del medio con afectación a la salud de las personas y/o puede causar la muerte de la flora y fauna Efecto a nivel regional

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de "Matriz corporativa de Riesgo Esva S.A."

**Tabla 9.3: Métrica de impacto financiero**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	Impacto EBITDA < \$10 millones o Impacto EBITDA < 0,01%.
2	Menor	Impacto EBITDA Entre \$10 y \$55 millones o Impacto EBITDA Entre 0,07 % y 0,01%.
3	Moderado	Impacto EBITDA Entre \$55 y \$ 250 millones o Impacto EBITDA Entre 0,07 % y 0,4 %.
4	Mayor	Impacto EBITDA Entre \$250 y \$ 550 millones o Impacto EBITDA Entre 0,4 % y 0,8 %.
5	Catastrófico	Impacto EBITDA > \$ 550 millones o Impacto EBITDA >0,8%.

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esva S.A.”

**Tabla 9.4: Métrica de impacto en la comunidad e imagen**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin cobertura de los medios y sin daño a la imagen</li> <li>• Sin quejas de la comunidad</li> </ul>
2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura baja de los medios locales, con daño en la imagen reversible en el corto plazo</li> <li>• Quejas a la Compañía y/o regulador</li> </ul>
3	Moderado	<p>Cobertura de los medios locales durante varios días, con daño de la imagen reversible en el mediano plazo</p> <p>Impacto (días) sobre la economía local (turismo, comercio, etc.)</p> <p>Quejas persistentes de la comunidad</p>
4	Mayor	<p>Cobertura de los medios regionales durante varias semanas con daño de la imagen reversible en el largo plazo</p> <p>Impacto medio (semanas) sobre la economía local. (Turismo, comercio etc.)</p> <p>Acciones legales de la comunidad / ONG.</p>
5	Catastrófico	<p>Cobertura negativa importante en los medios regionales durante varios meses, con daño irreversible en la imagen</p> <p>Impacto prolongado (meses) sobre la economía local (turismo, comercio, etc.)</p>

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esva S.A.”

**Tabla 9.5: Métrica de impacto en clientes**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin daños materiales a infraestructura o personas</li> <li>• Duración entre 1 y 4 horas</li> <li>• Afectación inferior a los 2.500 Clientes</li> </ul>
2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño material asociado solo a infraestructura</li> <li>• Duración entre 5 y 9 horas</li> <li>• Afectación entre 2.500 y 5.000 clientes por el evento</li> </ul>
3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo daño material con impacto entre 5 y 10 clientes</li> <li>• Duración entre 10 y 18 horas</li> <li>• Afectación entre 5.000 y 10.000 clientes por evento</li> </ul>
4	Mayor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño material en personas con riesgo mayor a la salud o Daño material superior a los 10 afectados con daños en propiedad privada</li> <li>• Duración del evento entre 18 y 24 horas</li> <li>• Afectación entre 10.000 y 30.000 clientes por evento.</li> </ul>
5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño material significativo, con afectación a las personas que implique riesgo fatal</li> <li>• Duración de evento superior a 48 horas</li> <li>• Afectación superior a 30.000 clientes por evento</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esval S.A.”

**Tabla 9.6: Métrica de impacto en salud y seguridad**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión menor que requiere atención de primeros auxilios sin necesidad de reposo y no causa incapacidad</li> <li>• Involucra 1 a 4 personas</li> </ul>
2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión que produce incapacidad temporal</li> <li>• Involucra 5 a 8 personas</li> </ul>
3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión que produce invalidez parcial</li> <li>• Involucra 9 a 15 personas</li> </ul>
4	Mayor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión que produce invalidez total</li> <li>• Involucra 16 a 30 personas</li> </ul>
5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión que produce la muerte</li> <li>• Involucra a más de 30 personas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esval S.A.”

**Tabla 9.7: Métrica de impacto en el cumplimiento normativo**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas legales menores, incumplimientos y violación de la reglamentación</li> </ul>
2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento de la reglamentación con investigación o informe a la autoridad con procesamiento y/o posible multa menor</li> </ul>
3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento importante de la reglamentación, con multas moderadas</li> <li>• Litigio significativo que involucra mucho tiempo de la dirección</li> </ul>
4	Mayor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de un organismo regulador que tiene como resultado multas significativas</li> <li>• Acusación grave a algún Ejecutivo de la Compañía</li> </ul>
5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento de covenants financieros</li> <li>• Litigio o acusación importante que involucre pena de prisión para un Ejecutivo de la compañía</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esva S.A.”

**Tabla 9.8: Métrica de impacto en la administración**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento con impacto leve en una actividad de un proceso no crítico de la compañía</li> <li>• Requiere la participación de los jefes a cargo y tomará tiempo a los responsables del proceso durante un par de días</li> </ul>
2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento importante con impacto en un proceso no crítico de la compañía</li> <li>• Requiere la participación de los jefes a cargo y tomará tiempo a los responsables del proceso durante varios días.</li> </ul>
3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento importante con impacto en una actividad del proceso crítico de la compañía</li> <li>• Requiere la participación de los jefes a cargo y tomará tiempo a los responsables del proceso durante varios días</li> </ul>
4	Mayor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento o desastre con un impacto significativo sobre un proceso crítico de la Compañía</li> <li>• Requiere una cantidad de tiempo considerable de la gerencia del área responsable para abordar el problema.</li> </ul>
5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desastre con alto impacto en el largo plazo sobre más de un proceso crítico de la Compañía</li> <li>• Requiere gran cantidad de tiempo de los Altos Ejecutivos para abordar el problema</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de “Matriz corporativa de Riesgo Esva S.A.”

Para el cálculo de la probabilidad cuenta con una métrica que se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 9.9: Métrica de probabilidad.**

Escala	Clasificación	Descripción
1	Muy Improbable	No se espera que suceda en el año.
2	Improbable	No se espera que suceda en el semestre. Podría suceder una vez al año.
3	Moderada	No se espera que suceda en el mes. Podría suceder una vez en el semestre. Podría suceder más de una vez al año.
4	Probable	No se espera que suceda en la semana. Podría suceder una vez al mes. Podría suceder más de una vez al semestre
5	Casi cierta	Podría suceder una vez a la semana Podría suceder más de una vez al mes Podría suceder más de una vez en la semana

## 9.4 Listado de indicadores

Tabla 9.10: Listado de indicadores.

CODIGO INDICADOR	NOMBRE INDICADOR	UNIDAD	TIPO INDICADOR
1101	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	[M\$]	Financiero
1102	TIR	%	Financiero
1103	IVAN	%	Financiero
1104	CAUDAL AS ó AP APORTADOS POR LA INVERSION	[l/s]	Financiero
1105	METROS LINEALES INVERSIÓN	[m]	Financiero
1001	% PUNTOS DE PRESIONES FUERA DE NORMA	%	Técnico
1002	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>máx</sub> horario AP	%	Técnico
1003	ÁREA A REGULARIZAR DE SERVIDUMBRES	%	Técnico
1004	CLIENTES AFECTADOS POR CORTES AL AÑO	[clientes afectados/año]	Técnico
1005	CONTINUIDAD DE SERVICIO AP	%	Técnico
1006	ROTURAS POR KM DE RED AP	[Roturas/Km]	Técnico
1007	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>máx</sub> diario AP	%	Técnico
1008	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>inst.</sub> AS	%	Técnico
1009	CONTINUIDAD SERVICIO AS	%	Técnico
1010	INDICE OBSTRUCCIONES POR KM DE RED DE AS	[Obstrucciones/Km]	Técnico
1011	% SUPERÁVIT/DÉFICIT VOL. REGULACIÓN	%	Técnico
1012	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>inst.</sub> AP	%	Técnico
1013	DISCONTINUIDAD DE SERVICIO POR FALLAS	Fallas con Afectación	Técnico
1014	ESTANDAR SISS	N°	Técnico
1015	FALLAS MENSUALES DE EQUIPOS	[Fallas/mes]	Técnico
1016	DERRAME DE AS CON IMPACTO EN COMUNIDAD	Derrames con Impacto	Técnico
1017	% CUMPLIMIENTO DS90 Y NCH1333	%	Técnico
1018	COSTO UNITARIO PRODUCCIÓN AP	[\$/m3]	Técnico
1019	RECLAMOS CALIDAD AP	[Reclamos/Mes]	Técnico
1020	ECONOMICO (Variación VAC)	M\$	Técnico
1021	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Carga Orgánica	%	Técnico
1022	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Lodos	%	Técnico
1023	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>medio</sub> AS	%	Técnico
1024	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Sólidos Suspendidos	%	Técnico
1025	% CUMPLIMIENTO NCH409	%	Técnico
1026	COSTO UNITARIO TRATAMIENTO AS	[\$/m3]	Técnico
1027	INCUMPLIMIENTO CALIDAD EFLUENTE AP	Meses	Técnico
1028	% BOD OFERTA DE DERECHOS - DEMANDA A 5 AÑOS	%	Técnico
1029	RESPALDO DE FUENTES	N°	Técnico
1030	% CASOS ANUALES	%	Técnico
1031	% CUMPLIMIENTO PRESIONES EN RED	%	Técnico
1032	PERDIDAS DE AP MEDIA MÓVIL	%	Técnico
1033	EDAD MEDIA PARQUE MEDIDORES	[años]	Técnico
1034	REPOSICIÓN DE MEDIDORES EXIGIDOS POR SISS	[medidores/año]	Técnico
1035	% INCUMPLIMIENTO RAZÓN h/D en Redes AS	%	Técnico

CODIGO INDICADOR	NOMBRE INDICADOR	UNIDAD	TIPO INDICADOR
<b>1036</b>	IMPACTO (NEGOCIO-TECNICO)	N°	Técnico
<b>1037</b>	BENEFICIARIOS	Beneficiarios	Técnico
<b>1038</b>	% AUMENTO ESPERADO ENCUESTA CLIMA	%	Técnico
<b>1040</b>	% BOD TRASPASO DE REDES	%	Técnico
<b>1041</b>	% PUNTOS FUERA DE NORMA Qmáxh	%	Técnico
<b>1042</b>	% BOD Q porteo	%	Técnico
<b>1043</b>	% CUMPLIMIENTO NORMATIVA INCENDIO	%	Técnico
<b>1044</b>	% BOD ACTUAL	%	Técnico

Fuente: Elaboración propia

## 9.5 Descripción indicadores

Tabla 9.11: Descripción indicadores.

N°	Nombre	Descripción	Unidad de Medida
1101	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	Corresponde a la suma de los flujos de caja operacional libre llevados a valor actual. Se utiliza para evaluar si un proyecto es rentable o no dada una tasa de descuento.	[MMS\$]
1102	TIR	Corresponde a la tasa de descuento para la cual el valor presente neto se hace cero.	%
1103	IVAN	Corresponde al cociente entre el VAN y el monto de inversión total del proyecto. El IVAN calcula cuánto VAN aporta cada peso invertido en un proyecto.	[Un]
1104	CAUDAL AS ó AP APORTADOS POR LA INVERSION	Aumento del desempeño o capacidad ya sea de agua potable producida o agua servida tratada y distribuida, por la ejecución del proyecto.	[l/s]
1105	METROS LINEALES INVERSIÓN	Metros lineales asociados al proyecto, por ejemplo, relacionado con proyectos de renovación de redes.	[m]
1001	% PUNTOS DE PRESIONES FUERA DE NORMA	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de disminución esperado de puntos de presión fuera de norma, una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1002	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>máx</sub> horario AP	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1003	ÁREA A REGULARIZAR DE SERVIDUMBRES	Valor numérico, con hasta 3 decimales, del <b>porcentaje de disminución esperada de área de servidumbre a regularizar, una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1004	CLIENTES AFECTADOS POR CORTES AL AÑO	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada de clientes afectados por cortes tipo 2 al año.</b>	[Clientes/Cortes]
1005	CONTINUIDAD DE SERVICIO AP	Valor numérico, con hasta 4 decimales, del <b>porcentaje de aumento esperado de continuidad del servicio AP una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1006	ROTURAS POR KM DE RED AP	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada de roturas por km de red una vez finalizado el proyecto.</b>	[Roturas/Km]
1007	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>máx</sub> diario AP	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1008	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Q <sub>inst</sub> AS	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1009	CONTINUIDAD SERVICIO AS	Valor numérico, con hasta 4 decimales, del <b>porcentaje de aumento esperado de continuidad del servicio AS una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1010	INDICE OBSTRUCCIONES POR KM DE RED DE AS	Valor numérico, con hasta 3 decimales, de la <b>disminución esperada de obstrucciones por km de red una vez ejecutado el proyecto.</b>	[Obstrucciones/Km]

N°	Nombre	Descripción	Unidad de Medida
1011	% SUPERÁVIT/DÉFICIT VOL. REGULACIÓN	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1012	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Qinst. AP	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1013	DISCONTINUIDAD DE SERVICIO POR FALLAS	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada de discontinuidad del servicio AP por fallas de equipos una vez finalizado el proyecto.</b>	Fallas con Afectación
1014	ESTANDAR SISS	Valor numérico, 1 o 2 según sea el caso, del <b>cumplimiento del estándar SISS respecto de la existencia del grupo electrogénico de respaldo, en la situación actual.</b> (1= Cumple; 2= No cumple)	N°
1015	FALLAS MENSUALES DE EQUIPOS	Valor numérico, de la <b>disminución mensual esperada de fallas de equipos una vez finalizado el proyecto.</b>	[Fallas/mes]
1016	DERRAME DE AS CON IMPACTO EN COMUNIDAD	Valor numérico, de la <b>disminución esperada de eventos de derrames AS con impacto a la comunidad una vez finalizado el proyecto.</b>	Derrames con Impacto
1017	% CUMPLIMIENTO DS90 Y NCH1333	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de aumento esperado del cumplimiento del DS90 y NCh 1333 una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1018	COSTO UNITARIO PRODUCCIÓN AP	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada del costo unitario de producción AP una vez finalizado el proyecto.</b>	[\$/m3]
1019	RECLAMOS CALIDAD AP	Valor numérico, entero, de la <b>disminución mensual esperada de reclamos de calidad AP una vez finalizado el proyecto.</b>	[Reclamos/Mes]
1020	ECONOMICO (Variación VAC)	Valor numérico, en miles de pesos y con hasta 2 decimales, de la <b>variación del Valor Actual de Costos (VAC) esperado una vez finalizado el proyecto.</b>	M\$
1021	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Carga Orgánica	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1022	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Lodos	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1023	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Qmedio AS	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1024	% SUPERÁVIT/DÉFICIT BOD Sólidos Suspendidos	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1025	% CUMPLIMIENTO NCH409	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje aumento esperado del cumplimiento de la NCh 490 una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1026	COSTO UNITARIO TRATAMIENTO AS	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada del costo unitario de tratamiento AS una vez finalizado el proyecto.</b>	[\$/m3]
1027	INCUMPLIMIENTO CALIDAD EFLUENTE AP	Valor numérico, sin decimales, de la <b>disminución esperada de los meses con incumplimiento en la calidad de efluente, el año siguiente a la ejecución del proyecto.</b>	Meses
1028	% BOD OFERTA DE DERECHOS - DEMANDA A 5 AÑOS	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%

N°	Nombre	Descripción	Unidad de Medida
1029	RESPALDO DE FUENTES	Valor numérico, 1 o 2 según sea el caso, del <b>cumplimiento del estándar respecto de la existencia de fuentes de respaldo, en la situación actual.</b> (1= Con Respaldo; 2= Sin Respaldo)	N°
1030	% CASOS ANUALES	Valor numérico, con hasta 3 decimales, del <b>porcentaje de disminución esperado de la ejecución de obras adicionales para entrega de factibilidad una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1031	% CUMPLIMIENTO PRESIONES EN RED	Valor numérico, con hasta 4 decimales, del <b>porcentaje aumento esperado del cumplimiento de presiones de red AP una vez ejecutado el proyecto.</b>	%
1032	PERDIDAS DE AP MEDIA MÓVIL	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de disminución esperado de pérdidas AP una vez ejecutado el proyecto.</b>	%
1033	EDAD MEDIA PARQUE MEDIDORES	Valor numérico, con hasta 2 decimales, de la <b>disminución esperada de la edad promedio del parque de medidores.</b>	[años]
1034	REPOSICIÓN DE MEDIDORES EXIGIDOS POR SISS	Valor numérico, sin decimales, de la <b>disminución esperada de medidores exigidos por SISS una vez ejecutado el proyecto.</b>	[medidores/año]
1035	% INCUMPLIMIENTO RAZÓN h/D en Redes AS	Valor numérico, con hasta 3 decimales, del <b>porcentaje disminución esperado del incumplimiento h/D&gt;0,7 en redes AS una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1036	IMPACTO (NEGOCIO-TECNICO)	Valor numérico, 1 o 2 según sea el caso, <b>señalando si el proyecto de tecnología tiene un impacto el negocio o es de tipo técnico.</b> (1= Impacto Técnico; 2= Impacto Tecnológico)	N°
1037	BENEFICIARIOS	Valor numérico, sin decimales, del <b>número de beneficiarios que tendrá la implementación tecnológica.</b>	Beneficiarios
1038	% AUMENTO ESPERADO ENCUESTA CLIMA	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje aumento esperado en la encuesta clima laboral respecto de los puntos asociados a mejoras en edificios y vehículos una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1040	% BOD TRASPASO DE REDES	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1041	% PUNTOS FUERA DE NORMA Qmáxh	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1042	% BOD Q porteo	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1043	% CUMPLIMIENTO NORMATIVA INCENDIO	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD una vez finalizado el proyecto.</b>	%
1044	% BOD ACTUAL	Valor numérico, con hasta 2 decimales, del <b>porcentaje de variación esperado del BOD actual.</b>	%

Fuente: Elaboración propia.

## 9.6 Fórmulas de indicadores técnicos:

Tabla 9.12: Fórmulas indicadores técnicos.

$\% \text{ Puntos Fuera de Norma} = \frac{\sum \text{Nodos que Cumplen}}{\text{Total Nodos}}$
$\% \text{ BOD}_{Q \text{ máx. horario AP}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$
$\% \text{ Servidumbre a Regularizar} = \frac{\text{Área a Regularizar}}{\text{Total Servidumbres}}$
$\% \text{ Continuida de Servicio AP} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Clientes Afectados por Corte Tipo 2}}{\text{Clientes AP}},$ $i = 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}$
$\text{Índice de Clientes Afectados por Cortes AP} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Clientes Afectados por Corte Tipo 2}}{\sum_{i=1}^{12} \text{Cortes Tipo 2}},$ $i = 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}$
$\text{Índice de Eventos de Discont. por KM de Red AP} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Roturas en Red}}{\text{Km de Red AP}},$ $i = 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}$
$\% \text{ BOD}_{Q \text{ máx. diario AP}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$
$\% \text{ BOD}_{Q \text{ instantáneo AS}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$
$\% \text{ Continuida de Servicio AS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Clientes Afectados por Corte Servicio AS}}{\text{Clientes Totales AS}},$ $i = 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}$
$\text{Índice de Obstrucciones por Km de Red AS} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Obstrucciones de Red AS}}{\text{Km de Red AS}},$ $i = 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}$
$\% \text{ BOD Regulación AP} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$
$\% \text{ BOD}_{Q \text{ instantáneo AP}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$

<p>Discontinuidad de Servicio AP por Fallas = <math>\sum_{i=1}^{12}</math> Fallas con Afectación a Clientes  <math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
<p>Índice de Fallas de Equipos = <math>\frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Fallas de Equipos}}{12}</math>,  <math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
<p>Derrames con Impacto en Comunidad = <math>\sum_{i=1}^{12}</math> Derrames con Impacto en la Comunidad  <math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
<p>% Cumplim. PTAS j = <math>\frac{\sum_{i=1}^n \text{E}^\circ \text{ Cumplim. DBO} + \sum_{i=1}^n \text{E}^\circ \text{ Cumplim. C.F.} + \sum_{i=1}^n \text{E}^\circ \text{ Cumplim. R.P.}}{2 * n}</math>  <math>\beta_{PTAS j} = \% \text{ Cumplim. PTAS j} \frac{\text{N}^\circ \text{ Clientes Servicio PTAS j}}{\text{N}^\circ \text{ Clientes Zonal, Empresa o Compañía}}</math>  % Cumplimiento Zonal, Empresa o Compañía = <math>\sum_{k=1}^m \beta_{PTAS j}</math>  <math>i = 1, \dots, n</math> Meses Transcurridos en el Año  <math>\beta_{PTAS j}</math> = Peso Específico de Cumplim. PTAS j  <math>k = 1, \dots, m</math> N° de PTAS j en Alguna Zonal, Empresa o Compañía</p>
<p>Costo Unitario de Producción AP = <math>\frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Costos de Producción}}{\sum_{i=1}^{12} \text{m}^3 \text{ Producidos}}</math>,  <math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
<p>Índice de Reclamos por Calidad AP = <math>\frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Reclamos por Calidad AP}}{12}</math>  <math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
<p><math>\% \text{ BOD}_{\text{Carga Orgánica}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}</math></p>
<p><math>\% \text{ BOD}_{\text{Lodos}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}</math></p>
<p><math>\% \text{ BOD}_{\text{Q medio AS}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}</math></p>

$\% \text{ BOD}_{\text{Sólidos Suspendidos}} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$
$\% \text{ Cumplim. PTAP } j = \frac{\sum_{i=1}^n \text{E}^\circ \text{ Cumplim. Parámetros Críticos} + \sum_{i=1}^n \text{E}^\circ \text{ Cumplim. Muestreo}}{2 * n}$ $\beta_{\text{PTAP } j} = \% \text{ Cumplim. PTAP } j \frac{\text{N}^\circ \text{ Clientes Servicio PTAP } j}{\text{N}^\circ \text{ Clientes Zonal, Empresa o Compañía}}$ $\% \text{ Cumplimiento Zonal, Empresa o Compañía} = \sum_{k=1}^m \beta_{\text{PTAP } j}$ <p><math>i = 1, \dots, n</math> Meses Transcurridos en el Año  <math>\beta_{\text{PTAP } j}</math> = Peso Específico de Cumplim. PTAP <math>j</math>  <math>k = 1, \dots, m</math> N° de PTAP <math>j</math> en Alguna Zonal, Empresa o Compañía</p>
$\text{Costo Unitario de Tratamiento AS} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Costos de Tratamiento}}{\sum_{i=1}^{12} \text{m3 Tratados}},$ <p><math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
$\text{Incumplimiento Calidad Efluente} = \sum_{i=1}^{12} \text{Meses con Incumplimientos Efluente}$ <p><math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
$\% \text{ BOD}_{\text{Derechos de Agua}} = \frac{\text{Oferta Derechos Actuales}}{\text{Demanda Proyectada a 5 Años}}$
$\% \text{ Casos con Obras Adicionales Para Factibilidad} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Casos con Obras Adicionales}}{\sum_{i=1}^{12} \text{Factibilidades Totales}}$ <p><math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>
$\text{Ind PS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^z \frac{\text{Cla}_{ijk} * F_{ijk}}{z}}{12 * \text{Cl}_T}$ <p><math>i = 1, \dots, 12</math>, meses en que se calcula el indicador.  <math>j = 1, \dots, n</math>, Número de PCP en que se mide la presión, dentro de la localidad.  <math>k = 1, \dots, z</math>, Número de muestras por PCP en el mes <math>i</math>.</p> <p><math>\text{Cla}_{ijk} =</math>      Números de clientes afectados en el mes “<math>i</math>”, representados por el PCP “<math>j</math>”, en la mues</p> <p><math>\text{Cl}_T =</math>      Número de clientes de AP de la localidad, validado por la SISS a dicimembre de cada a</p> <p><math>F_{ijk} =</math>      Factor que determina la situación del PCP <math>j</math>, en el momento de la toma de muestra <math>k</math>,</p>
$\text{Pérdidas de AP} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{m3 de Agua Facturada}}{\sum_{i=1}^{12} \text{m3 de Agua Producida}},$ <p><math>i = 1, \dots, 12</math> últimos 12 meses</p>

$\text{Edad Media de Parque de Medidores} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Edad de Medidores}}{n}$ <p style="text-align: center;"><math>n = \text{Cantidad de Medidores en Parque}</math></p>
$\text{Medidores Exigidos por SISS} = \sum_{i=1}^{12} \text{Medidores Exigidos por la SISS}$ <p style="text-align: center;"><math>= 1, \dots, 12 \text{ últimos 12 meses}</math></p>
$\% \text{ Incumplimiento Razón } \frac{h}{D} \text{ en Redes AS} = \frac{\sum \text{metros Red AS con } \frac{h}{D} \geq 0,7}{\sum \text{Total metros Red AS}}$
$\text{Beneficiarios de Proyecto Tecnológico} = \sum \text{Beneficiarios por Nueva Implementación}$

Fuente: Elaboración propia.

## 9.7 Cálculos de prioridad:

Anexo que explica la forma de cálculo de prioridad

Una vez que se definió la jerarquía, los gerentes emitieron juicio respecto de cada uno de los niveles. Para la jerarquía se definió 4 matrices de evaluaciones de pares, cada una de estas matrices son de tamaño 3. Por lo cual para cada una de las matrices tuvieron que emitir

Se debe realizar comparación de pares entre elementos de un mismo nivel, respondiendo según la escala de Saaty ¿cuánto más importante es el criterio “X” respecto del “Y” para alcanzar el objetivo del nivel superior?

**Tabla 9.13: Escala de Thomas Saaty**

Si X es .....que Y,	Número de preferencia por asignar es
<b>Igualmente, importante/preferido</b>	1
<b>Apenas más importante/preferido</b>	3
<b>Bastante más importante/preferido</b>	5
<b>Mucho más importante/preferido</b>	7
<b>Absolutamente más importante/preferido</b>	9

Fuente: Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (2008)

Los valores intermedios 2, 4, 6 y 8 representan acuerdos equitativos entre las preferencias adyacentes.

La cantidad de juicios que se deben emitir está definida por:

$$N(N - 1)$$

Donde:

*N*: cantidad de criterios de un mismo nivel que aportan a un mismo objetivo.

Entonces para cada una de las matrices de tamaño  $N=3$ , se tuvo que emitir seis juicios.

Posteriormente efectuado los juicios, los datos son sometidos a un proceso de análisis matricial, calculando las prioridades con el método de aproximación, el cual se explica a continuación:

- a) Se ordenan los valores obtenidos anteriormente en matrices de pares, que también consideran sus valores recíprocos.

## Portafolio de producción

<b>MATRIZ DE PARES</b>	<b>CRECIMIENTO</b>	<b>MEJORAMIENTO</b>	<b>REPOSICIÓN</b>
<b>CRECIMIENTO</b>	1	5	2
<b>MEJORAMIENTO</b>	1/5	1	1/5
<b>REPOSICIÓN</b>	1/2	5	1
<b>B</b>	1,7	11	3,2

Fuente: Elaboración propia

- b) Se transforman las fracciones en números decimales con el fin de simplificar el desarrollo. Con ello se obtiene la “matriz simplificada”.
- c) Se calcula el cuadrado de la matriz simplificada y se suman los elementos de cada fila.

<b>MATRIZ CUADRADA</b>	<b>CRECIMIENTO</b>	<b>MEJORAMIENTO</b>	<b>REPOSICIÓN</b>	<b>SUMA</b>	<b>VECTOR PROPIO</b>
<b>CRECIMIENTO</b>	3,00	20,00	5,00	28,00	56%
<b>MEJORAMIENTO</b>	0,50	3,00	0,80	4,30	9%
<b>REPOSICIÓN</b>	2,00	12,50	3,00	17,50	35%
				<b>49,80</b>	<b>100%</b>

- d) Luego, cada uno de estos valores se divide por la suma resultante (se normaliza). Obteniendo el vector prioridad normalizado.

## 9.8 Valores indicadores:

**Tabla 9.14: Valor indicadores**

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
10471	1	66665793	25
10473	5	86223931	20
10478	5	97695005	16
10390	4	85472776	20
713	1	41252968	25
1519	3	98599897	12
10171	3	94035257	12
274	4	85716258	16
129	3	32030664	25
357	3	72767473	20
1599	3	59519049	20
1517	3	73440879	16
1595	3	56112839	20
10066	3	80599835	12
1570	1	41011180	20
1547	3	64585517	16
382	5	48728286	20
10212	1	74457648	20
796	5	97935691	12
84	4	65347953	16
652	3	68348701	12
771	4	95512477	12
711	1	32667982	20
542	2	85679321	15
201	2	85092174	15
1286	4	70075809	12
907	5	60803185	12
738	4	65499126	12
868	3	90166769	12
600	2	81591408	16
1526	3	58770469	12
1554	3	53947845	16
765	3	88164616	12
597	4	65426072	16
10413	3	83283129	12

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
649	4	40239157	16
10062	3	61850960	9
768	2	85273453	12
463	4	57679769	16
171	5	45279371	12
785	3	57798188	16
857	3	82912543	9
866	2	77749590	12
200	2	54331926	15
11	5	92860819	25
1287	5	36562968	12
871	3	66343988	12
789	3	60607577	12
10375	3	59405260	12
737	4	20405552	16
12	5	81184615	25
10377	3	55908617	12
528	5	97395330	9
384	4	15040289	16
30	5	72424983	25
10380	2	3205315	20
773	5	35467419	12
10492	1	47314622	9
480	3	74123949	4
10486	3	22334563	12
31	5	66167881	25
10476	5	44094472	8
10373	3	37916865	12
10514	1	38682864	9
830	3	35245957	12
1422	1	27256533	12
541	2	15082893	15
1272	2	51041797	8
865	2	36211884	12
596	4	9128796	16
1231	1	96093992	12
10497	4	4911034	10
10505	3	19018192	9
193	1	67841083	2

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
1328	1	7185659	15
1265	5	61462956	12
793	5	10018344	12
598	1	11127557	12
1514	3	2828483	12
1082	1	65659740	16
531	1	62709735	2
770	5	21233531	8
869	5	6106769	12
799	5	5972771	12
1079	1	63261652	16
10374	5	4305100	12
10249	1	60024883	2
286	3	28800658	8
10498	1	95838119	10
607	5	12940019	9
1239	3	59282877	12
10072	2	8361687	12
766	3	26833131	8
1266	5	43987705	12
38	3	7290875	9
565	5	60275768	8
704	1	65956599	12
10479	5	2948365	8
530	1	47576213	3
1081	1	48080353	16
10153	5	38022567	12
1284	3	4578487	9
1295	1	46774323	16
527	5	43555419	12
1234	3	47273928	12
222	3	4831265	12
1294	1	43135221	16
105	3	24574468	4
1248	1	56089733	12
10220	3	65556863	8
10308	3	59559904	9
1268	5	30158419	12
481	5	19654426	4

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
10502	1	70839583	10
10143	1	51730562	12
1264	5	27226142	12
569	3	430386	12
10256	5	-26198308	9
1222	1	49788977	12
681	4	15000000	6
791	4	22102333	4
10445	1	49823	15
1076	1	44178159	12
1236	1	42967955	12
762	4	2962583	8
10369	1	16877827	9
10501	1	63768220	8
10500	1	72704107	6
1291	1	23893355	16
562	1	48284210	10
912	1	43153754	9
10208	1	57185610	12
526	5	93623507	16
215	5	3970315	9
190	5	27773966	6
1504	5	33143191	3
620	1	34241137	9
547	1	35276133	10
839	5	94866213	12
1060	4	98273846	12
60	1	54102769	25
345	1	53985905	25
874	5	53162892	20
10257	2	-9641956	9
836	4	86202443	12
189	5	13227128	12
10242	5	-49020214	9
1000	4	93052072	9
1109	5	75965575	12
10453	1	-8444160	9
318	5	70778376	12
1211	3	82352032	12

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
10292	5	-28190080	12
1535	1	-34630411	16
828	3	76374437	12
1011	5	62706987	12
10417	3	20430481	9
1170	3	73469214	12
690	4	66627656	12
10059	3	-16207619	9
1197	4	63142078	12
10434	1	-675213	8
10381	5	54861691	12
175	4	56789778	12
10452	3	61343102	12
844	4	52394748	12
1155	3	58367966	12
1200	2	63100904	12
473	3	53854437	12
1051	2	59321770	12
602	4	30429387	16
10057	3	-27734430	9
1046	3	47907935	12
835	3	58272443	9
177	1	59362718	12
10168	4	82765236	10
10404	5	32560973	12
544	1	89427688	10
1132	3	42723828	12
10103	5	27963531	12
833	5	27361363	12
926	4	46875674	8
858	4	43137482	9
861	3	38052914	12
10371	1	47232392	12
608	5	67421712	10
960	4	27597880	12
698	3	32031699	8
1194	4	37828916	9
10312	5	-72527006	16
886	5	16137043	12

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
1202	3	27150742	12
10409	3	28547498	8
10457	3	25363629	12
1016	1	37206494	12
856	4	18423080	12
540	5	55388231	10
853	4	26327914	9
862	4	15080340	12
10086	1	-9635466	12
655	4	22135502	9
1100	3	16580076	12
10363	3	57533337	8
444	1	50680647	8
1257	4	7459357	12
1205	2	18576306	12
472	4	5500936	12
1254	4	5311580	12
10361	3	53574119	10
207	1	66434799	16
10384	1	-2668261	9
1027	2	16240084	12
97	1	31514252	9
686	3	47774334	10
10034	1	54664504	9
10005	1	-27122739	15
847	4	7622922	9
10021	1	42689254	15
1063	2	2955159	12
10495	1	30639284	6
205	4	40511068	15
521	5	28777231	10
10508	1	44855906	15
10491	1	40003182	16
10088	2	-33368359	9
930	2	32801577	4
697	5	16463566	10
108	1	-34161179	12
10283	5	6223018	9
546	4	9375219	15

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
10499	1	13518689	10
1593	5	6269238	6
10345	5	3410956	9
10105	5	-11296995	15
486	3	869979	8
10190	1	-864407	16
10199	1	-7240333	16
555	2	-15738977	12
10030	1	-29863149	12
10193	3	-30504335	12
1290	1	-66771348	16
1594	1	-21412853	8
10415	1	-23552742	9
10174	1	-35188482	16
1629	1	-37305482	6
10112	1	-40674794	12
10286	1	-37540315	8
10470	1	-25595611	12
10305	1	-40523136	8
10184	1	-56224028	20
10022	1	-98675983	16
10263	1	-59476351	9
10494	1	-88764195	12
10041	1	-67799698	9
10490	1	-75762864	1
10182	1	-72724169	8
10040	1	-73628738	6
10489	1	-95531130	9
10333	1	-96460952	15
10250	1	-83672721	6
10070	1	-74287483	9
10468	1	-63074863	12
10064	3	-86334852	9
10061	3	-88682523	9
10170	3	-99514717	9
10042	3	-91293993	9
458	3	-92510321	9
10449	1	-59916726	15
1548	1	-90088316	9

Código de proyecto	Técnico	VAN [M\$]	Riesgo
<b>10504</b>	1	-68663886	10
<b>10440</b>	1	-86225879	15
<b>223</b>	1	-92374281	16
<b>10446</b>	1	-75032137	9

Fuente: Elaboración propia

## 9.9 Valores indicadores:

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10471	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	0,009	0,008	0,006	1.000.000	Apruebo
10473	Distribución	Reposición	0,007	0,012	0,006	0,005	39.000.000	Apruebo
10478	Distribución	Reposición	0,007	0,013	0,005	0,005	10.600.000	Apruebo
10390	Disposición	Crecimiento	0,005	0,011	0,006	0,005	220.000	Apruebo
713	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	0,006	0,008	0,005	1.981.001	Apruebo
1519	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,013	0,004	0,005	280.282	Apruebo
10171	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,013	0,004	0,005	400.000	Apruebo
274	Disposición	Crecimiento	0,005	0,012	0,005	0,005	4.721.097	Apruebo
129	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,004	0,004	0,008	0,004	2.008.998	Apruebo
357	Disposición	Crecimiento	0,004	0,010	0,006	0,004	2.319.968	Apruebo
1599	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,008	0,006	0,004	1.150.000	Apruebo
1517	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,010	0,005	0,004	286.415	Apruebo
1595	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,008	0,006	0,004	1.150.000	Apruebo
10066	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,011	0,004	0,004	608.271	Apruebo
1570	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	0,006	0,006	0,004	14.900.552	Apruebo
1547	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,009	0,005	0,004	467.907	Apruebo
382	Disposición	Crecimiento	0,007	0,007	0,006	0,004	7.490.433	Apruebo
10212	Distribución	Reposición	0,001	0,010	0,006	0,004	586.000	Apruebo
796	Producción	Crecimiento	0,007	0,013	0,004	0,004	762.563	Apruebo
84	Disposición	Crecimiento	0,005	0,009	0,005	0,004	2.556.941	Apruebo
652	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,009	0,004	0,004	586.836	Apruebo
771	Producción	Crecimiento	0,005	0,013	0,004	0,004	1.675.784	Apruebo
711	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	0,004	0,006	0,004	4.407.336	Apruebo
542	Mantenimiento	Reposición	0,003	0,012	0,005	0,004	2.675.804	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
201	Mantenimiento	Reposición	0,003	0,011	0,005	0,004	1.417.200	Apruebo
1286	Disposición	Crecimiento	0,005	0,009	0,004	0,004	1.019.597	Apruebo
907	Disposición	Crecimiento	0,007	0,008	0,004	0,004	338.235	Apruebo
738	Disposición	Crecimiento	0,005	0,009	0,004	0,004	410.000	Apruebo
868	Producción	Crecimiento	0,004	0,012	0,004	0,004	1.573.440	Apruebo
600	Producción	Crecimiento	0,003	0,011	0,005	0,004	300.000	Apruebo
1526	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,004	221.865	Apruebo
1554	Disposición	Crecimiento	0,004	0,007	0,005	0,004	412.562	Apruebo
765	Producción	Crecimiento	0,004	0,012	0,004	0,004	213.898	Apruebo
597	Producción	Crecimiento	0,005	0,009	0,005	0,003	328.000	Apruebo
10413	Producción	Crecimiento	0,004	0,011	0,004	0,003	855.604	Apruebo
649	Disposición	Crecimiento	0,005	0,005	0,005	0,003	247.431	Apruebo
10062	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,008	0,003	0,003	200.000	Apruebo
768	Producción	Crecimiento	0,003	0,011	0,004	0,003	1.680.827	Apruebo
463	Producción	Crecimiento	0,005	0,008	0,005	0,003	7.173.321	Apruebo
171	Disposición	Crecimiento	0,007	0,006	0,004	0,003	1.541.859	Apruebo
785	Producción	Crecimiento	0,004	0,008	0,005	0,003	882.488	Apruebo
857	Producción	Crecimiento	0,004	0,011	0,003	0,003	231.650	Apruebo
866	Producción	Crecimiento	0,003	0,010	0,004	0,003	300.000	Apruebo
200	Mantenimiento	Reposición	0,003	0,007	0,005	0,003	1.576.905	Apruebo
11	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,012	0,008	0,003	2.854.854	Apruebo
1287	Disposición	Crecimiento	0,007	0,005	0,004	0,003	422.795	Apruebo
871	Producción	Crecimiento	0,004	0,009	0,004	0,003	706.750	Apruebo
789	Producción	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,003	291.250	Apruebo
10375	Producción	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,003	211.168	Apruebo
737	Disposición	Crecimiento	0,005	0,003	0,005	0,003	733.592	Apruebo
12	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,011	0,008	0,003	1.960.293	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10377	Producción	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,003	285.000	Apruebo
528	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,013	0,003	0,003	640.000	Apruebo
384	Disposición	Crecimiento	0,005	0,002	0,005	0,003	4.151.255	Apruebo
30	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,010	0,008	0,003	10.487.998	Apruebo
10380	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,003	0,000	0,006	0,003	254.137	Apruebo
773	Producción	Crecimiento	0,007	0,005	0,004	0,003	864.637	Apruebo
10492	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	0,006	0,003	0,003	400.000	Apruebo
480	Producción	Crecimiento	0,004	0,010	0,001	0,003	1.739.840	Apruebo
10486	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,003	0,004	0,002	400.000	Apruebo
31	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,009	0,008	0,002	3.222.481	Apruebo
10476	Recolección	Reposición	0,007	0,006	0,002	0,002	10.500.000	Apruebo
10373	Producción	Crecimiento	0,004	0,005	0,004	0,002	456.658	Apruebo
10514	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	0,005	0,003	0,002	280.701	Apruebo
830	Producción	Crecimiento	0,004	0,005	0,004	0,002	890.425	Apruebo
1422	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	0,004	0,004	0,002	236.682	Apruebo
541	Mantenimiento	Reposición	0,003	0,002	0,005	0,002	2.969.149	Apruebo
1272	Producción	Crecimiento	0,003	0,007	0,002	0,002	385.750	Apruebo
865	Producción	Crecimiento	0,003	0,005	0,004	0,002	1.500.000	Apruebo
596	Producción	Crecimiento	0,005	0,001	0,005	0,002	384.376	Apruebo
1231	Recolección	Crecimiento	0,001	0,013	0,004	0,002	422.557	Apruebo
10497	Distribución	Reposición	0,005	0,001	0,003	0,002	913.000	Apruebo
10505	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,003	0,003	0,002	700.000	Apruebo
193	Distribución	Reposición	0,001	0,009	0,001	0,002	1.054.082	Apruebo
1328	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	0,001	0,005	0,002	360.000	Apruebo
1265	Recolección	Crecimiento	0,007	0,008	0,004	0,002	613.933	Apruebo
793	Producción	Crecimiento	0,007	0,001	0,004	0,002	1.400.728	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
598	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	0,001	0,004	0,002	14.840.355	Apruebo
1514	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,000	0,004	0,002	554.325	Apruebo
1082	Recolección	Crecimiento	0,001	0,009	0,005	0,002	701.381	Apruebo
531	Distribución	Reposición	0,001	0,008	0,001	0,002	2.276.568	Apruebo
770	Producción	Crecimiento	0,007	0,003	0,002	0,002	219.000	Apruebo
869	Producción	Crecimiento	0,007	0,001	0,004	0,002	1.816.540	Apruebo
799	Producción	Crecimiento	0,007	0,001	0,004	0,002	892.183	Apruebo
1079	Recolección	Crecimiento	0,001	0,009	0,005	0,002	491.726	Apruebo
10374	Producción	Crecimiento	0,007	0,001	0,004	0,002	563.271	Apruebo
10249	Distribución	Reposición	0,001	0,008	0,001	0,002	375.000	Apruebo
286	Producción	Crecimiento	0,004	0,004	0,002	0,002	216.278	Apruebo
10498	Producción	Reposición	0,001	0,013	0,003	0,002	1.417.500	Apruebo
607	Producción	Crecimiento	0,007	0,002	0,003	0,002	4.693.084	Apruebo
1239	Recolección	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,002	721.970	Apruebo
10072	Disposición	Crecimiento	0,003	0,001	0,004	0,002	875.000	Apruebo
766	Producción	Crecimiento	0,004	0,004	0,002	0,002	490.291	Apruebo
1266	Recolección	Crecimiento	0,007	0,006	0,004	0,002	473.416	Apruebo
38	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,001	0,003	0,002	271.323	Apruebo
565	Producción	Reposición	0,007	0,008	0,002	0,002	380.000	Apruebo
704	Recolección	Crecimiento	0,001	0,009	0,004	0,002	205.650	Apruebo
10479	Recolección	Reposición	0,007	0,000	0,002	0,002	8.400.000	Apruebo
530	Distribución	Reposición	0,001	0,006	0,001	0,002	1.400.232	Apruebo
1081	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,005	0,002	811.536	Apruebo
10153	Recolección	Crecimiento	0,007	0,005	0,004	0,002	250.000	Apruebo
1284	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	0,001	0,003	0,002	640.000	Apruebo
1295	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,005	0,002	424.275	Apruebo
527	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,006	0,004	0,002	1.737.000	Apruebo
1234	Recolección	Crecimiento	0,004	0,006	0,004	0,002	469.476	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
222	Soporte	Reposición	0,004	0,001	0,004	0,002	206.353	Apruebo
1294	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,005	0,002	238.669	Apruebo
105	Disposición	Crecimiento	0,004	0,003	0,001	0,002	1.175.156	Apruebo
1248	Recolección	Crecimiento	0,001	0,008	0,004	0,002	515.675	Apruebo
10220	Producción	Reposición	0,004	0,009	0,002	0,002	288.000	Apruebo
10308	Producción	Reposición	0,004	0,008	0,003	0,002	1.322.000	Apruebo
1268	Recolección	Crecimiento	0,007	0,004	0,004	0,002	392.817	Apruebo
481	Producción	Crecimiento	0,007	0,003	0,001	0,002	1.077.681	Apruebo
10502	Producción	Reposición	0,001	0,010	0,003	0,001	450.000	Apruebo
10143	Recolección	Crecimiento	0,001	0,007	0,004	0,001	250.000	Apruebo
1264	Recolección	Crecimiento	0,007	0,004	0,004	0,001	580.516	Apruebo
569	Soporte	Reposición	0,004	0,000	0,004	0,001	441.787	Apruebo
10256	Distribución	Reposición	0,007	-0,004	0,003	0,001	250.000	Apruebo
1222	Recolección	Crecimiento	0,001	0,007	0,004	0,001	364.751	Apruebo
681	Producción	Crecimiento	0,005	0,002	0,002	0,001	285.227	Apruebo
791	Producción	Crecimiento	0,005	0,003	0,001	0,001	1.616.719	Apruebo
10445	Producción	Crecimiento	0,001	0,000	0,005	0,001	315.000	Apruebo
1076	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,004	0,001	293.580	Apruebo
1236	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,004	0,001	251.600	Apruebo
762	Producción	Crecimiento	0,005	0,000	0,002	0,001	421.183	Apruebo
10369	Producción	Crecimiento	0,001	0,002	0,003	0,001	322.256	Apruebo
10501	Producción	Reposición	0,001	0,009	0,002	0,001	1.320.000	Apruebo
10500	Producción	Reposición	0,001	0,010	0,002	0,001	1.015.000	Apruebo
1291	Recolección	Crecimiento	0,001	0,003	0,005	0,001	377.777	Apruebo
562	Producción	Reposición	0,001	0,006	0,003	0,001	290.000	Apruebo
912	Recolección	Crecimiento	0,001	0,006	0,003	0,001	415.848	Apruebo
10208	Disposición	Reposición	0,001	0,008	0,004	0,001	240.000	Apruebo
526	Distribución	Crecimiento	0,007	0,013	0,005	0,001	961.771	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
215	Producción	Reposición	0,007	0,001	0,003	0,001	200.000	Apruebo
190	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,004	0,002	0,001	250.000	Apruebo
1504	Recolección	Crecimiento	0,007	0,004	0,001	0,001	557.500	Apruebo
620	Recolección	Crecimiento	0,001	0,005	0,003	0,001	400.000	Apruebo
547	Producción	Reposición	0,001	0,005	0,003	0,001	600.000	Apruebo
839	Distribución	Crecimiento	0,007	0,013	0,004	0,001	682.108	Apruebo
1060	Distribución	Crecimiento	0,005	0,013	0,004	0,001	3.466.713	Apruebo
60	Distribución	Mejoramiento	0,001	0,007	0,008	0,001	893.552	Apruebo
345	Distribución	Mejoramiento	0,001	0,007	0,008	0,001	873.552	Apruebo
874	Distribución	Crecimiento	0,007	0,007	0,006	0,001	253.209	Apruebo
10257	Recolección	Reposición	0,003	-0,001	0,003	0,001	250.000	Apruebo
836	Distribución	Crecimiento	0,005	0,012	0,004	0,001	308.400	Apruebo
189	Mantenimiento	Mejoramiento	0,007	0,002	0,004	0,001	500.000	Apruebo
10242	Distribución	Reposición	0,007	-0,007	0,003	0,001	250.000	Apruebo
1000	Distribución	Crecimiento	0,005	0,013	0,003	0,001	1.023.117	Apruebo
1109	Distribución	Crecimiento	0,007	0,010	0,004	0,001	358.601	Apruebo
10453	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	-0,001	0,003	0,001	423.995	Apruebo
318	Distribución	Crecimiento	0,007	0,010	0,004	0,001	691.031	Apruebo
1211	Distribución	Crecimiento	0,004	0,011	0,004	0,001	268.575	Apruebo
10292	Producción	Reposición	0,007	-0,004	0,004	0,001	200.000	Apruebo
1535	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	-0,005	0,005	0,001	427.695	Apruebo
828	Distribución	Crecimiento	0,004	0,010	0,004	0,001	671.053	Apruebo
1011	Distribución	Crecimiento	0,007	0,008	0,004	0,001	853.322	Apruebo
10417	Disposición	Reposición	0,004	0,003	0,003	0,001	324.000	Apruebo
1170	Distribución	Crecimiento	0,004	0,010	0,004	0,001	746.480	Apruebo
690	Distribución	Crecimiento	0,005	0,009	0,004	0,001	428.830	Apruebo
10059	Producción	Crecimiento	0,004	-0,002	0,003	0,001	350.000	Apruebo
1197	Distribución	Crecimiento	0,005	0,008	0,004	0,001	638.559	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10434	Producción	Crecimiento	0,001	0,000	0,002	0,001	300.000	Apruebo
10381	Distribución	Crecimiento	0,007	0,007	0,004	0,001	617.976	Apruebo
175	Distribución	Crecimiento	0,005	0,008	0,004	0,001	534.018	Apruebo
10452	Distribución	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,001	206.613	Apruebo
844	Distribución	Crecimiento	0,005	0,007	0,004	0,001	2.050.502	Apruebo
1155	Distribución	Crecimiento	0,004	0,008	0,004	0,001	217.360	Apruebo
1200	Distribución	Crecimiento	0,003	0,008	0,004	0,001	640.143	Apruebo
473	Distribución	Crecimiento	0,004	0,007	0,004	0,001	287.318	Apruebo
1051	Distribución	Crecimiento	0,003	0,008	0,004	0,001	688.366	Apruebo
602	Distribución	Crecimiento	0,005	0,004	0,005	0,001	786.213	Apruebo
10057	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	-0,004	0,003	0,001	560.000	Apruebo
1046	Distribución	Crecimiento	0,004	0,006	0,004	0,001	883.370	Apruebo
835	Distribución	Crecimiento	0,004	0,008	0,003	0,001	450.334	Apruebo
177	Distribución	Crecimiento	0,001	0,008	0,004	0,001	772.500	Apruebo
10168	Recolección	Mejoramiento	0,005	0,011	0,003	0,001	550.000	Apruebo
10404	Distribución	Crecimiento	0,007	0,004	0,004	0,001	1.081.752	Apruebo
544	Producción	Mejoramiento	0,001	0,012	0,003	0,001	325.000	Apruebo
1132	Distribución	Crecimiento	0,004	0,006	0,004	0,001	202.768	Apruebo
10103	Distribución	Crecimiento	0,007	0,004	0,004	0,001	250.000	Apruebo
833	Distribución	Crecimiento	0,007	0,004	0,004	0,001	538.954	Apruebo
926	Distribución	Crecimiento	0,005	0,006	0,002	0,001	688.269	Apruebo
858	Distribución	Crecimiento	0,005	0,006	0,003	0,001	800.900	Apruebo
861	Distribución	Crecimiento	0,004	0,005	0,004	0,001	619.802	Apruebo
10371	Distribución	Crecimiento	0,001	0,006	0,004	0,001	258.980	Apruebo
608	Producción	Mejoramiento	0,007	0,009	0,003	0,001	635.900	Apruebo
960	Distribución	Crecimiento	0,005	0,004	0,004	0,001	546.586	Apruebo
698	Distribución	Mejoramiento	0,004	0,004	0,002	0,001	10.040.468	Apruebo
1194	Distribución	Crecimiento	0,005	0,005	0,003	0,001	1.035.106	Apruebo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10312	Producción	Reposición	0,007	-0,010	0,005	0,001	240.000	Apruebo
886	Distribución	Crecimiento	0,007	0,002	0,004	0,001	992.914	Apruebo
1202	Distribución	Crecimiento	0,004	0,004	0,004	0,001	646.361	Apruebo
10409	Distribución	Mejoramiento	0,004	0,004	0,002	0,001	1.579.260	Apruebo
10457	Distribución	Crecimiento	0,004	0,003	0,004	0,001	402.076	Apruebo
1016	Distribución	Crecimiento	0,001	0,005	0,004	0,001	265.350	Apruebo
856	Distribución	Crecimiento	0,005	0,002	0,004	0,001	569.671	Apruebo
540	Producción	Mejoramiento	0,007	0,007	0,003	0,001	230.253	Apruebo
853	Distribución	Crecimiento	0,005	0,004	0,003	0,001	582.991	Apruebo
862	Distribución	Crecimiento	0,005	0,002	0,004	0,001	618.375	Apruebo
10086	Disposición	Reposición	0,001	-0,001	0,004	0,001	300.000	Apruebo
655	Distribución	Crecimiento	0,005	0,003	0,003	0,000	2.385.270	Apruebo
1100	Distribución	Crecimiento	0,004	0,002	0,004	0,000	230.202	Apruebo
10363	Producción	Mejoramiento	0,004	0,008	0,002	0,000	517.000	Apruebo
444	Soporte	Crecimiento	0,001	0,007	0,002	0,000	765.321	Apruebo
1257	Distribución	Crecimiento	0,005	0,001	0,004	0,000	400.274	Apruebo
1205	Distribución	Crecimiento	0,003	0,002	0,004	0,000	392.626	Apruebo
472	Distribución	Crecimiento	0,005	0,001	0,004	0,000	460.066	Apruebo
1254	Distribución	Crecimiento	0,005	0,001	0,004	0,000	223.099	Apruebo
10361	Recursos Hídricos	Mejoramiento	0,004	0,007	0,003	0,000	1.313.264	Apruebo
207	Disposición	Mejoramiento	0,001	0,009	0,005	0,000	832.000	Apruebo
10384	Disposición	Reposición	0,001	0,000	0,003	0,000	300.000	Apruebo
1027	Distribución	Crecimiento	0,003	0,002	0,004	0,000	792.997	Apruebo
97	Distribución	Crecimiento	0,001	0,004	0,003	0,000	220.800	Apruebo
686	Producción	Mejoramiento	0,004	0,006	0,003	0,000	3.065.291	Apruebo
10034	Producción	Mejoramiento	0,001	0,007	0,003	0,000	1.542.000	Apruebo
10005	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	-0,004	0,005	0,000	39.722.000	Rechazo
847	Distribución	Crecimiento	0,005	0,001	0,003	0,000	218.019	Rechazo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10021	Recursos Hídricos	Mejoramiento	0,001	0,006	0,005	0,000	1.000.000	Apruebo
1063	Distribución	Crecimiento	0,003	0,000	0,004	0,000	200.600	Apruebo
10495	Distribución	Crecimiento	0,001	0,004	0,002	0,000	3.477.996	Apruebo
205	Disposición	Mejoramiento	0,005	0,005	0,005	0,000	475.000	Apruebo
521	Producción	Mejoramiento	0,007	0,004	0,003	0,000	514.733	Apruebo
10508	Disposición	Mejoramiento	0,001	0,006	0,005	0,000	7.882.667	Rechazo
10491	Disposición	Mejoramiento	0,001	0,005	0,005	0,000	250.000	Apruebo
10088	Disposición	Crecimiento	0,003	-0,004	0,003	0,000	200.000	Apruebo
930	Producción	Mejoramiento	0,003	0,004	0,001	0,000	241.000	Apruebo
697	Producción	Mejoramiento	0,007	0,002	0,003	0,000	200.000	Apruebo
108	Recolección	Crecimiento	0,001	-0,005	0,004	0,000	2.016.626	Apruebo
10283	Producción	Mejoramiento	0,007	0,001	0,003	0,000	375.000	Apruebo
546	Disposición	Mejoramiento	0,005	0,001	0,005	0,000	665.000	Apruebo
10499	Producción	Mejoramiento	0,001	0,002	0,003	0,000	400.000	Apruebo
1593	Producción	Mejoramiento	0,007	0,001	0,002	0,000	435.000	Rechazo
10345	Disposición	Mejoramiento	0,007	0,000	0,003	0,000	230.000	Rechazo
10105	Producción	Mejoramiento	0,007	-0,002	0,005	0,000	450.000	Rechazo
486	Producción	Mejoramiento	0,004	0,000	0,002	0,000	205.373	Rechazo
10190	Disposición	Mejoramiento	0,001	0,000	0,005	0,000	365.000	Rechazo
10199	Disposición	Mejoramiento	0,001	-0,001	0,005	0,000	649.350	Rechazo
555	Disposición	Mejoramiento	0,003	-0,002	0,004	0,000	332.500	Rechazo
10030	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	-0,004	0,004	0,000	10.000.000	Rechazo
10193	Disposición	Mejoramiento	0,004	-0,004	0,004	0,000	350.000	Rechazo
1290	Recolección	Crecimiento	0,001	-0,009	0,005	0,000	485.587	Rechazo
1594	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,003	0,002	0,000	240.000	Rechazo
10415	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,003	0,003	0,000	495.000	Rechazo
10174	Recolección	Mejoramiento	0,001	-0,005	0,005	0,000	485.000	Rechazo
1629	Disposición	Mejoramiento	0,001	-0,005	0,002	0,000	457.000	Rechazo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10112	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,005	0,004	0,000	500.000	Rechazo
10286	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,005	0,002	0,000	275.000	Rechazo
10470	Mantenimiento	Mejoramiento	0,001	-0,003	0,004	0,000	200.000	Rechazo
10305	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,005	0,002	0,000	300.000	Rechazo
10184	Recolección	Mejoramiento	0,001	-0,008	0,006	0,000	360.000	Rechazo
10022	Producción	Reposición	0,001	-0,013	0,005	0,000	290.000	Rechazo
10263	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,008	0,003	0,000	200.000	Rechazo
10494	Producción	Reposición	0,001	-0,012	0,004	0,000	900.000	Rechazo
10041	Recursos Hídricos	Mejoramiento	0,001	-0,009	0,003	0,000	1.050.000	Rechazo
10490	Disposición	Mejoramiento	0,001	-0,010	0,000	0,000	250.000	Rechazo
10182	Recolección	Mejoramiento	0,001	-0,010	0,002	0,000	210.000	Rechazo
10040	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,010	0,002	0,000	200.000	Rechazo
10489	Disposición	Reposición	0,001	-0,013	0,003	0,000	500.000	Rechazo
10333	Recursos Hídricos	Mejoramiento	0,001	-0,013	0,005	0,000	544.882	Rechazo
10250	Producción	Mejoramiento	0,001	-0,011	0,002	0,000	540.000	Rechazo
10070	Distribución	Mejoramiento	0,001	-0,010	0,003	-0,001	200.000	Rechazo
10468	Mantenimiento	Mejoramiento	0,001	-0,008	0,004	-0,001	220.000	Rechazo
10064	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	-0,012	0,003	-0,001	420.000	Rechazo
10061	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	-0,012	0,003	-0,001	450.000	Rechazo
10170	Producción	Crecimiento	0,004	-0,013	0,003	-0,001	240.000	Rechazo
10042	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	-0,012	0,003	-0,001	2.600.000	Rechazo
458	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,004	-0,012	0,003	-0,001	1.432.000	Rechazo
10449	Soporte	Mejoramiento	0,001	-0,008	0,005	-0,001	487.000	Rechazo
1548	Recursos Hídricos	Crecimiento	0,001	-0,012	0,003	-0,002	266.493	Rechazo
10504	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	-0,009	0,003	-0,002	300.000	Rechazo
10440	Soporte	Mejoramiento	0,001	-0,012	0,005	-0,002	741.000	Rechazo
223	Soporte	Mejoramiento	0,001	-0,012	0,005	-0,002	272.320	Rechazo

Código	Portafolio	Categoría OTPP	Técnico	Económico	Riesgo	Priorización	Quinquenio [M\$]	Estado Modelo
10446	Proyectos Especiales	Crecimiento	0,001	-0,010	0,003	-0,002	1.124.165	Rechazo