



Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas

**“DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA,  
ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE UNA PLANTA PAPELERA  
CON FIBRA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR”**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero  
Agroindustrial

**AUTOR (A)**

**ARMAS RÍOS, VÍCTOR SANTIAGO**

**ASESOR (A)**

**Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila**

**JURADO**

**Dra. Cristina Asunción Alzamora Rivero**

**Mg. Pervis Paredes Paredes**

**Mg. Armando Ricardo Huapaya Sotero**

**Lima – Perú**

**2019**



## INDICE

<b>INDICE</b> .....	2
<b>Índice de Figuras</b> .....	3
<b>Índice de Tablas</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ABSTRAC</b> .....	6
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>I.1 Descripción y formulación del problema</b> .....	8
i. Problema Principal .....	8
ii. Problema Secundario .....	8
<b>I.2 Antecedentes de la Investigación</b> .....	9
<b>I.3 Objetivos</b> .....	10
i. Objetivo General .....	10
ii. Objetivos Específicos .....	10
<b>I.4 Justificación</b> .....	10
<b>I.5 Hipótesis</b> .....	11
i. Hipótesis General .....	11
ii. Hipótesis Específicas .....	11
<b>I.6 Factibilidad y viabilidad de la investigación</b> .....	11
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	13
<b>2.1 Bases teóricas</b> .....	13
<b>2.2 Definición de Términos Básicos</b> .....	15
i. Caña de azúcar .....	15
ii. Bagazo de caña de azúcar .....	15
iii. Lógica difusa .....	16
iv. Viabilidad Técnica .....	16
v. Viabilidad Financiera .....	17
vi. Viabilidad Ambiental .....	18
vii. Ciclo de vida de un Proyecto de Inversión .....	19
viii. Ratios e Indicadores de Evaluación de Proyectos .....	20
ix. Cadena de Valor .....	20
x. Productividad .....	20



xi. Competitividad .....	20
<b>III. MÉTODO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Tipo de investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Ámbito temporal y espacial .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Variables .....</b>	<b>23</b>
i. Variable Dependiente .....	23
ii. Variable Independiente.....	23
<b>3.4 Población y muestra.....</b>	<b>25</b>
i. Población .....	25
ii. Muestra.....	25
<b>3.5 Instrumentos .....</b>	<b>25</b>
i. Descripción de las técnicas e instrumentos.....	25
ii. Validación de los instrumentos.....	26
<b>3.6 Procedimientos.....</b>	<b>26</b>
<b>3.7 Análisis de datos.....</b>	<b>27</b>
i. Determinación de pesos por el método de Saaty .....	27
ii. Caracterización de las variables de estudio.....	32
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>49</b>

### Índice de Figuras

Figura 1. Composición y Constitución del Bagazo de Caña de Azúcar.....	16
Figura 2. Diagramas de caja de las variables de interés según dimensiones ambiental, técnica y económica-financiera.....	33
Figura 3. Gráficos de normalidad de las diferentes variables de interés según dimensiones .....	41

### Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz Likert de Factibilidad .....	12
Tabla 2. Matriz de Operacionalidad de variables.....	24
Tabla 3. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Ambiental .....	28



Tabla 4. Cálculo de coeficientes- Ambiental .....	28
Tabla 5. Evaluación de consistencia- Ambiental .....	29
Tabla 6. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Técnica .....	29
Tabla 7. Cálculo de coeficientes- Técnica.....	30
Tabla 8. Evaluación de consistencia- Técnico .....	30
Tabla 9. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Económica .....	31
Tabla 10. Cálculo de coeficientes- Económica .....	31
Tabla 11. Evaluación de consistencia- Económica .....	32
Tabla 12 . Estadísticos descriptivos de las variables de interés.....	34
Tabla 13. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión ambiental .....	35
Tabla 14. Estimadores de la media para las variables de la dimensión ambiental .....	35
Tabla 15. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión económico-financiero.....	36
Tabla 16. Estimadores de la media para las variables de la dimensión económico-financiero .....	36
Tabla 17. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión técnica .....	37
Tabla 18. Estimadores de la media para las variables de la dimensión técnica.....	37
Tabla 19. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión ambiental .....	38
Tabla 20. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión económico-financiera .....	38
Tabla 21. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión técnica.....	39
Tabla 22. Estadísticos análisis de varianza (ANOVA).....	42
Tabla 23. Correlaciones bivariadas entre las variables de la dimensión ambiental y la económico-financiera.....	43
Tabla 24. Correlaciones bivariadas entre las variables de la dimensión ambiental y la técnica.....	44
Tabla 25. Estadísticos básicos del modelo regresional .....	45
Tabla 26. Estadísticos análisis de varianza (ANOVA).....	46
Tabla 27. Estadísticos de los coeficientes de la regresión .....	46



## RESUMEN

Es conocida la trayectoria productiva del Perú como un país especializado en la producción de azúcar proveniente de la caña (*sacharum officianali*), sin embargo este es un sector que tiene diversos problemas, entre ellos la necesidad de contar con nuevos productos, como bien podría ser la producción de papel, en una estrategia de diversificación productiva. En ese contexto, la presente tesis tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de la fibra del bagazo de caña de azúcar en una planta papelera a nivel de estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de papel a partir del bagazo. La metodología empleada consistió en el diseño y elaboración de una matriz de evaluación con la selección de indicadores que expresen de mejor manera los aspectos técnicos, económicos, financieros y ambientales; se procederá con la aplicación del modelo DELPHI, que a través de la estadística se evaluó la intendencia y asociación a fin de revelar los consensos o acuerdos entre los expertos, estimándose la consistencia de los indicadores o ratios, por medio de la simulación. Por los resultados del análisis de varianza (ANOVA), en la cual se observó que el estadístico F de Fisher tiene un valor alto, con una significancia inferior al valor crítico ( $p < \alpha$ ), de modo que resultó siendo significativo, es decir, al menos una variable independiente explica el comportamiento de la variable dependiente, sino que explica el comportamiento en la población, esto implica que el modelo propuesto podría ser útil con fines predictivos, con la expresión  $VAN(eco) = \beta_0 - \beta_1 LP + \beta_2 TIR(eco) + \varepsilon$ .

Palabras clave: Viabilidad, técnica, económica, ambiental, bagazo, DELPHI, predictivo.



## ABSTRAC

The productive trajectory of Peru is known as a country specialized in the production of sugar from the cane (*sacharum officianali*), however this is a sector that has several problems, among them the need to have new products, as it could be the production of paper, in a strategy of productive diversification. In this context, this thesis aims to evaluate the technical, economic and environmental feasibility of the use of fiber from sugarcane bagasse in a paper mill at the pre-feasibility study level for the production and commercialization of paper from bagasse. The methodology used consisted in the design and elaboration of an evaluation matrix with the selection of indicators that better express the technical, economic, financial and environmental aspects; we will proceed with the application of the DELPHI model, which through statistics was evaluated the in tendency and association in order to reveal the consensus or agreements among the experts, estimating the consistency of the indicators or ratios, by means of simulation. For the results of the analysis of variance (ANOVA), in which it was observed that the Fisher's F statistic has a high value, with a significance lower than the critical value ( $p < \alpha$ ), so that it turned out to be significant, that is, at least one independent variable explains the behavior of the dependent variable, but explains the behavior in the population, this implies that the proposed model could be useful for predictive purposes, with the expression  $VAN(\text{echo}) = \beta_0 - \beta_1 LP + \beta_2 IRR(\text{echo}) + \varepsilon$ .

Keywords: viability, technical, economic, environmental, bagasse, DELPHI, predictive.



## I. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de ampliar de modo sostenible el uso de fuentes renovables de energía, para proporcionar mayor seguridad a la industria papelera y reducir los impactos ambientales asociados a los desechos, encuentra en el bagazo de caña de azúcar una alternativa económicamente viable y con significativo potencial de expansión. La producción y el uso de la fibra de bagazo como fuente de elaboración de papel, con una notable evolución durante las últimas décadas, alcanzando madurez y consistencia, de acuerdo con un modelo productivo que puede ser adaptado e implementado en contextos similares. Por medio del bagazo, la caña de azúcar representa actualmente la segunda más importante fuente primaria para una industria, hogar y otros servicios. La estructura de desarrollo de esta investigación, comprende cinco capítulos: En el primer capítulo se ha desarrollado lo que corresponde al planteamiento del problema, que comprende los siguientes puntos a considerar: el planteamiento del problema, la fijación de los objetivos correspondientes de investigación, la justificación e importancia de estudio, el tratamiento de los alcances, limitaciones, y la definición de variables. En el segundo capítulo, se desarrolló el marco teórico que comprendió los puntos referentes a las teorías especializadas, el desarrollo de las bases teóricas relacionadas con el tema, el marco conceptual, y la definición de las hipótesis de estudio. En el tercer capítulo se desarrolló la hipótesis y variabilidad que comprende: la hipótesis y la determinación de las variables. En el cuarto capítulo se desarrolló el método de investigación que comprende: el Tipo de investigación, Nivel de Investigación y Diseño de estudio aplicado, la estrategia de prueba de hipótesis que se aplicó al respecto, la definición de las variables de estudio, la determinación de la población y muestra de estudio, y asimismo se menciona de manera explícita y descriptiva acerca de las técnicas de investigación empleadas, así como de los instrumentos de recolección de datos aplicados (Materiales), y en lo que corresponde al procesamiento y análisis de datos. En el cuarto capítulo se efectuó el análisis de resultados comprendiendo tanto el análisis y la prueba de hipótesis.



## I.1 Descripción y formulación del problema

Actualmente, la competencia viene siendo representada por empresas relativamente grandes que presentan una integración vertical, es decir, desde la obtención de la pulpa de bagazo (materia prima para la elaboración del papel) hasta la conversión en papel y sus derivados. Por otro lado, las empresas medianas y pequeñas se dedican generalmente a una sola actividad, que comprende desde la importación de la pulpa hasta la comercialización del papel

La producción de papel requiere principalmente de factores como insumos, bienes de capital y mano de obra; así que un acceso más fácil a dichos factores permitirá que la oferta aumente. Esta producción últimamente se distribuye así: un 75% proveniente del bagazo como materia prima y el otro 25% proveniente de pulpa importada. La importación de productos como la pulpa, papel y cartón viene en su mayoría de Chile, Brasil, E.E.U.U., Colombia y Finlandia. Por otro lado, las exportaciones para este mercado no son relevantes, pues nuestro poco valor agregado nos resulta con costos de transporte elevados.

El mayor problema que afronta la Industria azucarera es el manejo de residuos y la excesiva cantidad de bagazo de caña; por esta razón la disposición final del bagazo de caña de azúcar se vuelve un problema para la industria. Teniendo problemas en la recolección como en la disposición final, a pesar de que gran porcentaje de esta se va como material de combustión para las calderas, originando un problema ambiental con la emisión de gases de efecto invernadero; además se enfatiza en la importante contaminación paisajística que se da a los alrededores de las Industrias.

Por lo que es necesario plantear una alternativa de solución a este grave problema ambiental, tomando en consideración estos aspectos se hace necesario encontrar propuestas innovadoras para el tratamiento de este residuo como la producción de papel a base de bagazo de caña de azúcar.

En ese contexto, se formularon las siguientes preguntas de Investigación:

- i. Problema Principal
  - ¿Cuáles son las variables que permiten determinar la Viabilidad Técnica, Económica, y Ambiental para implementar una planta papelería con bagazo de caña de azúcar para la obtención de papel?
- ii. Problema Secundario
  - ¿Qué variables inciden en la viabilidad técnica inmediata para el establecimiento de una planta papelería del bagazo de caña?
  - ¿Cuál es la disponibilidad técnica futura del bagazo de caña y su impacto en la viabilidad del proyecto?
  - ¿Cuál es la viabilidad económica y ambiental para realizar el proyecto en tiempo actual y futuro inmediato?





## I.2 Antecedentes de la Investigación

Paramonga desde fines de la década de 1930 hasta la década de 1960, además de la producción de azúcar granulada, desarrolló una intensa actividad industrial basada en la caña de azúcar, que comprendió la elaboración de papeles y cartones, alcohol etílico y policloruro de vinilo o PVC (Paramonga, 2014).

Para resumir la historia de Agro Industria Paramonga, se presenta un extracto del libro de Lawrence A. Clayton "W.R Grace & Co. Los Años Formativos, de editorial Asociación de Historia Marítima y Naval Iberoamericana, Lima Perú, julio de 2008":

"Buscando usos alternativos para el azúcar y sus derivados, los ingenieros y técnicos de la Grace, siempre alentados por Gastón Lipscomb desde su despacho en Nueva York, desarrollaron el primer proceso comercial para fabricar papel empleado el bagazo, que era la fibra que quedaba de la caña una vez que se extractaban los jugos. Tras varios años de experimentación en el pequeño laboratorio químico de Cartavio y luego en una planta piloto en Whippany, Nueva Jersey, la Grace ordenó a Alemania una máquina procesadora de papel de ciertas especificaciones. Se embarcó en Europa en 1938 y se instaló en Paramonga al año siguiente. La vieja hacienda, que no rendía utilidades desde 1927, comenzó a recuperarse en 1940 y nunca volvió a caer. El éxito inmediato de la primera procesadora de papel llevó a la expansión y al desarrollo de nueva infraestructura en Paramonga, donde en 1968 se contaba con cinco máquinas que producían en serie toneladas de papel para el Perú. Pero más que papel y utilidades, Paramonga tuvo otro significado, pues le señaló un nuevo camino a la compañía, que pasó del comercio a la producción industrial. Los campos salitreros de Paposo y las plantaciones de azúcar fueron las precursoras de esta nueva orientación de la Grace, pero el éxito con el papel fue el verdadero punto de quiebre. Para la década de 1960, además de elaborar toda la gama de productos que puede haber entre el papel higiénico y el cartón, los químicos de Paramonga continuaban experimentando con los productos derivados de la caña, buscando producir poli cloruro de vinilo o PVC, uno de los más importantes plásticos de los tiempos modernos, y llegaron a ser sus primeros productores en el Perú. También fueron durante muchos años la única fábrica de papel del país y los talleres de Paramonga se convirtieron en un centro de exhibición del Perú, ya que comenzó a recibir la visita de técnicos e ingenieros de todas partes del mundo". Hoy en día, AIPSAA pertenece al grupo E. Wong (94% de las acciones), empresa renovada, entre otros aspectos destaca su inversión en el cuidado del medio ambiente como parte de su política de responsabilidad social (Clayton, Julio 2018).



### I.3 Objetivos

#### i. Objetivo General

Definir las variables que permitan determinar la Viabilidad Técnica, Económica, y Ambiental para implementar una planta papelera con bagazo de caña de azúcar para la obtención de papel, por medio del software SPSS 24.

#### ii. Objetivos Específicos

- Establecer las variables que indiquen en la viabilidad técnica inmediata para el establecimiento de una planta papelera del bagazo de caña.
- Conocer la disponibilidad técnica futura del bagazo de caña y analizar su impacto en la viabilidad del proyecto.
- Analizar la viabilidad económica y ambiental para realizar el proyecto en tiempo actual y futuro inmediato.

### I.4 Justificación

Se plantea un mejor aprovechamiento de los subproductos derivados del procesamiento de la caña de azúcar, en vista a la expansión continua y al fuerte incentivo nacional dado con el auge de los bioproductos. Surge la necesidad de plantear un aprovechamiento integral de las materias primas disponibles que posean un gran impacto del tipo social, por la cantidad de mano de obra que generan, así como incentivar a la adecuación de las industrias actuales, a fin de que estas sean más eficientes en el uso de los recursos naturales.

La gran cantidad de bagazo producido por el ingenio azucarero y sus alrededores no es aprovechada como materia prima para un proceso de producción de papel bond, sino que se utiliza para actividades como: alimento para animales, combustible natural y en la mayoría de los casos es dejado a la intemperie ocasionando una crisis ecológica y problemas ambientales globales. Adicional a esto se conoce que existe una demanda insatisfecha de papel bond, la cual puede ser aprovechada por las nuevas industrias de papel a partir de bagazo de caña de azúcar, la implementación de este proyecto les permitirá superarse y lograr mejorar el estilo de vida de sus trabajadores.

Con relación a la industria de pulpa y papel en el Perú, este es un país importador neto de este producto, el cual proviene principalmente de Brasil. De manera general, la industria papelera se encuentra en buen auge en todos sus aspectos: ha incrementado el consumo, la producción y la capacidad mundial. Además, destaca el florecimiento del comercio, aunque su distribución se torna diferente entre los continentes, debido fundamentalmente al consumo per cápita que sitúa a EE.UU., Canadá y Europa en los primeros lugares. Debido a todas las razones antes expuestas,



es posible introducir la pulpa en el mercado interno y externo y obtener niveles y calidad igual y superior a la de los países de mayor competencia.

Las condiciones climáticas, el bajo costo de mano de obra y la existencia de tierras para forestar ubican al Perú como potencial productor de pulpa para papel. La FAO establece una demanda a nivel mundial de 440 millones de toneladas de pulpa y papel para el año 2010, con un incremento proyectado de 188 millones de toneladas en el periodo. Esto equivale a 990 máquinas de papel o 522 nuevas plantas de producción de pulpa blanqueada de 1,000 toneladas por día. Para producir esta cantidad de pulpa, se deberán desarrollar, a nivel mundial, 19 millones de hectáreas de cultivos forestales para pulpa.

## I.5 Hipótesis

### i. Hipótesis General

La hipótesis que se derivan de este estudio es la siguiente:

*Se determinará los parámetros técnicos, económicos y ambientales que ayudaran a establecer la viabilidad de la producción de papel a base de la fibra de bagazo de caña de azúcar.*

### ii. Hipótesis Específicas

- Se establecerá las variables que indiquen en la viabilidad técnica inmediata para el establecimiento de una planta papelera del bagazo de caña.
- Se conocerá la disponibilidad técnica futura del bagazo de caña y analizar su impacto en la viabilidad del proyecto.
- Se analizará la viabilidad económica y ambiental para realizar el proyecto en tiempo actual y futuro inmediato.

## I.6 Factibilidad y viabilidad de la investigación

En la siguiente Matriz se evaluará la factibilidad de la investigación; se propuso 4 criterios entre ellos el tiempo el cual se evaluó puntuándolo con un 4 el cual indica q se desarrollará a largo plazo; El costo se puntuó con 3 ya que sería algo costoso esto debido al tiempo invertido; El impacto fue puntuado con 5 ya que la información desarrollada en esta investigación dará cabida a parámetros q facilitarán evaluar la factibilidad de una planta papelera a base de bagazo de caña de azúcar; por último se evaluó la factibilidad el cual se refiere al acceso a la información el cual será puntuado con 2 esto debido a la el poco trabajo realizado referente a la elaboración de papel con materia prima alternativa como bagazo de caña de azúcar.

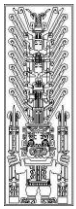


Tabla 1. Matriz Likert de Factibilidad

<b>Criterio/ Puntaje</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<i>Tiempo</i>	Muy largo plazo	Largo plazo	Mediano plazo	Corto plazo	Inmediato
<i>Costo</i>	Muy costoso	Costoso	Algo costoso	Poco costoso	Muy poco costoso
<i>Impacto</i>	Muy poco	Poco	Mediano	Alto	Muy alto
<i>Factibilidad</i>	Muy poca	Poca	Mediana	Alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas

Según Rutiaga Q., Anzaldo J., Vargas R. y San juán D (2002) y A.S. Jiménez (1997) el bagazo es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña, el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene; se ha empleado tradicionalmente en los países azucareros como materia prima para la producción de energía en las calderas de los ingenios o centrales azucareros y su empleo en la manufactura de papel inició hace más de 150 años además de la fabricación de paneles aglomerados de fibras y de partículas y celulosa para derivados farmacéuticos y aditivos de alimentos.

Lo expuesto por Rainey (2013), Molina (2002), Sharma R.K. (2000) Hunter (2001) las fibras son el constituyente fundamental del papel y tienen influencia en la resistencia de este producto. Para tener un buen papel tanto desde el punto de vista de su resistencia como de calidad de impresión, es importante hacer una buena combinación de fibra larga y corta. Por esto, las materias primas fibrosas como el bagazo deben de reunir determinados requisitos de índole técnica y económica como composición química, reactividad frente a los agentes de pulpeo y propiedades anatómico-morfológicas. Ya que a pesar de sus características de fibra corta, es posible obtener pulpa blanqueada y papeles para impresión y escritura de alta calidad a partir del bagazo en combinación con fibras largas vírgenes y recicladas, como lo demuestra la existencia de plantas basadas en esta materia prima en el mundo que operan y compiten exitosamente en el mercado de productos de celulosa, papel y cartón.

Saavedra (1990) mencionó que el bagazo está constituido por cuatro fracciones: Fibra o bagazo (45 %), sólidos no solubles (2-3%), sólidos solubles (2-3 %) y agua (49 -51%). La parte designada por fibra está compuesta de toda la fracción sólida orgánica, insoluble en agua, portadora de los elementos estructurales necesarios para la industria de pulpa y papel. Esta fracción está influenciada por las condiciones de procesamiento agrícola de la caña, tipo de corte y recolección, manejo del bagazo y almacenamiento. La fracción denominada fibra por el azucarero, está constituida desde el punto de vista morfológico por la fracción fibra verdadera y por meollo (médula o parénquima). El desmedulado constituye un paso imprescindible al mejorar el bagazo para la producción de pulpas, aumenta el rendimiento y mejora la blancura y las propiedades de resistencia del papel resultante.



Según Zegarra (1977), Schmidt O. (1977) y Atchison (1962) el contenido de médula en el bagazo tiene incidencia negativa sobre el almacenamiento de la materia prima para el periodo de no zafra. Mientras mayor sea la remoción de la médula, menor o más controlada será la fermentación, a causa de una mayor eliminación de azúcares residuales e impurezas y por lo tanto, es importante asegurar las propiedades del bagazo para su conversión en pulpa y papel.

Según Turner (1991) la producción de papel fue introducido por primera vez hacia el interior de las Américas, por los españoles, cerca de la ciudad de México alrededor de 1580. Antes de la llegada de los españoles el papel fue usado como sustancia por los Mayas y Aztecas. De forma semejante los hawaianos producían papel suave, lo sacaban de la corteza de los árboles de higo o mora. Esta técnica aún es usada por los indígenas del sureste de México. Sin embargo las sustancias puras no se clasificaban como papel. En primer taller de papel en Norte América, se estableció en Pennsylvania, en el Wissahickon Creek cerca de Germantown por William Rittenhouse. En poco tiempo otros talleres se establecieron. Como el taller de Ivy, por Thomas Willcox, quien motivo a otros productores de papel, y fue distinguido por producir papel para impresos y actividades publicitarias de Benjamín Franklin. Posteriormente en el siglo XVIII y XIX, con la tecnología de impresión se desarrolla un incremento en la alfabetización, simultáneamente los fabricantes de papel mejoraron sus mecanismos de producción de papel. La primera máquina para elaborar papel fue inventado por el francés, Nicholas Louis Robert, un empleado del taller Didot en Francia. El cuñado de Roberts, John Gemble, saco una patente británica en 1801, la cual fue desarrollada y financiada en Inglaterra por Hery y Seale Fourdrinier, con la ayuda del joven maquinista llamado Brian Donking, quien construyo self acting y automatizo la maquina en Hertfordshire, en 1803, la efectividad de ésta creo una sensación. El principio básico de la maquina Fourdrinier, es suspender la pulpa de papel en agua, que es derramada con un movimiento horizontal, las vibraciones de lado a lado causaban que las fibras se intercalaran una con otra. En ese momento esto fue conocido como Dandy, el cual presiona mayormente el agua, al mismo tiempo que imprime las marcas de agua o líneas extendidas, sobre la pulpa del papel. Después, esto es transportado a cilindros calientes y secos para que al final del proceso se devanara en un largo rollo perfectamente seco. La mayor producción mundial del papel, es elaborado al estilo de la maquina Fourdrinier. Otro tipo de máquina para fabricar papel que apareció en este tiempo, fue un maquina con molde cilíndrico. Que comienza con un movimiento lento, este proceso es capaz de producir papel similar en apariencia y sentirse como papel hecho a mano. Sin embargo en Inglaterra, un número de individuos estaban trabajando independientemente.



## 2.2 Definición de Términos Básicos

A continuación se muestra una aproximación hacia los principales conceptos sobre los cuales se apoya la investigación y que servirá para facilitar su fácil comprensión:

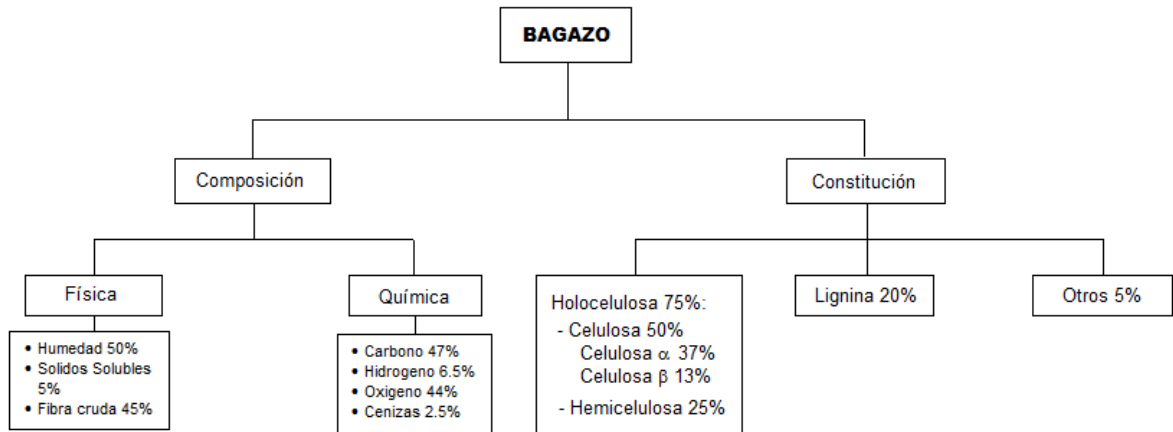
### i. Caña de azúcar

Según Julio Cesar Fleck Gallas en su Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la Maestría en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel (Orientación Celulosa y Papel) es una planta tropical y subtropical que se cultiva en una franja paralela al ecuador que llega hasta los 30 grados de las latitudes norte y sur, fue clasificada por el botánico sueco Carlos Linneo en 1.753 como *Saccharim officinarum*, La acumulación de sacarosa es mayor en la base del tallo, y el contenido de celulosa y azúcares reductores es mayor en la parte superior llamada macolla o cogollo de la caña. Las épocas de plantaciones tempranas se realizan entre los meses de febrero y marzo, y las plantaciones tardías de julio a agosto, inclusive setiembre. El cultivo de la caña de azúcar dura por lo menos unos 5 años. Es decir, una misma plantación se cosecha varias veces con un corte anual (Gallas, 2009).

### ii. Bagazo de caña de azúcar

Según Julio Cesar Fleck Gallas en su Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la Maestría en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel (Orientación Celulosa y Papel) el bagazo es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña, el remanente de los tallos después de ser extraído el jugo azucarado que éstos contienen, por los molinos de la central azucarera o alcoholera (Gallas, 2009).

Consta de dos partes fundamentales: la fibra, relativamente larga derivadas principalmente de la corteza y otros haces de fibra del interior del tallo, y el meollo que proviene del parénquima, parte de la planta donde se almacena el jugo que contiene el azúcar. La longitud media de las fibras del bagazo es de 1 a 4 milímetros y su ancho varía entre 0.01 y 0.04 milímetros (SICA, 2014).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Composición y Constitución del Bagazo de Caña de Azúcar.

### iii. Lógica difusa

El concepto de lógica difusa fue concebido a mediados de los años sesentas por Lofti Zadeh (Zadeh, 1965), ingeniero eléctrico iraní y profesor de la Universidad de California, en Berkeley, quien publicó el primer artículo de lógica difusa llamado "Fuzzy Sets", donde se dan a conocer por primera vez los conceptos de esta técnica. Más tarde, Ebrahim Mamdani (1974) aplica los conceptos de lógica difusa en el control de procesos y desarrolla el primer control difuso para la regulación de un motor de vapor. Takagi y Sugeno (1985) aportan a la teoría del control difuso un nuevo método llamado Takagi-Sugeno-Kang (TSK), como alternativa del método Mamdani. La unión de los conceptos de lógica difusa desarrollados por Zadeh y el área de control de procesos encuentra numerosas aplicaciones en la industria, medicina, aeronáutica, electrónica, etc., e incluso en los últimos años, en el mundo de los aparatos electrodomésticos (D. Guzmán, 2016).

### iv. Viabilidad Técnica

El conjunto de estudios y análisis indicados, que brindan información sobre el grado de viabilidad derivado de las aptitudes técnico-operativas de una organización dan cuenta de su importancia. Es conocido que en buena parte de los proyectos la existencia de alguna de las debilidades descritas es fuente de dificultades, demoras, incrementos en los costos, demoras en la producción de beneficios, aparición de impactos negativos y otras contingencias de diferente magnitud (Sobrero, 2009).





Puede hablarse de viabilidad técnica para hacer referencia a aquello que atiende a las características tecnológicas y naturales involucradas en un proyecto. El estudio de la viabilidad técnica suele estar vinculado a la seguridad y al control (por ejemplo, si la idea es construir un puente, la viabilidad técnica estará referida al estudio del terreno en cuestión y a las condiciones ambientales para evitar que se caiga).

#### v. Viabilidad Financiera

La viabilidad Financiera de un Proyecto informa sobre la disponibilidad de recursos monetarios en los momentos en que la ejecución o la operación del Proyecto los necesita. En el caso que el ejecutor previsto sea un ente Público se focaliza la atención en el análisis de los recursos presupuestarios, previstos y ejecutados, en la calidad de la gestión y en el dinamismo exhibido para la ejecución y disposición de los fondos, en la existencia o no de ampliaciones presupuestarias en ejercicios precedentes y en el grado de ejecución logrado en términos históricos. En el caso de actores públicos o privados debe considerarse la magnitud de los fondos requeridos por el Proyecto en relación con las magnitudes habitualmente gestionadas por los entes respectivos.

En estos casos, la profundidad de los análisis está relacionada con la complejidad y magnitud de los Proyectos. Corresponde, según el caso, explorar las previsiones financieras realizadas, las formas habituales de gestión y disposición de los fondos, verificar la existencia de los acuerdos y decisiones necesarios, correspondientes a los órganos de decisión y administración. No supone valoración alguna del costo de oportunidad de su disposición ni de las distintas combinaciones posibles de magnitudes a utilizar de distintas fuentes externas. Refiere solo a la relación entre el ejecutor responsable de la gestión de la iniciativa y el grado de suficiencia de los fondos de que dispone en forma preliminar. Es de notar que la información para este estudio proviene del análisis del Flujo de Fondos y que esta herramienta se utiliza también para obtener estimadores relativos al desempeño financiero de la iniciativa (TIR, VAN, etcétera), por lo cual los resultados se obtienen en forma paralela y simultánea.

Asimismo, cuando los fondos disponibles, en forma preliminar, son insuficientes y se exploran opciones de financiamiento complementario, las distintas posibilidades que se analizan para viabilizar el financiamiento se exponen con sus costos y perfiles de repago asociados de modo tal que viabilidad y desempeño financiero, se obtienen en forma conjunta. Aquí puede residir la confusión generalizada entre viabilidad y rentabilidad. Ambos conceptos provienen del análisis financiero, viabilidad informa la sobre el grado de seguridad de la disposición de los fondos necesarios mientras que rentabilidad es una de las medidas de desempeño financiero que mide la aptitud del Proyecto para satisfacer ese objetivo.

La ausencia de estudios de viabilidad se verifica frecuentemente, tanto en los Proyectos públicos como en los privados. En el caso de los Proyectos Públicos es frecuente subestimar su importancia, o incluso,



ignorar u ocultar sus resultados, en el entendimiento que una iniciativa en preparación o ejecución, aunque muestre riesgo de paralizarse por falta de fondos, genera adhesiones y paradójicamente, fortalezas que facilitan ampliaciones en el financiamiento originalmente previsto. Este estilo de gestión de inversiones públicas está presente en numerosos cuadros medios y altos de la AP, e incluso suele ser legitimado con argumentos vulgares del tipo del “mal menor”, cuando en realidad constituye uno de los mecanismos más frecuentes para reducir la calidad de la inversión pública.

En el caso de Proyectos privados es frecuente la subestimación de los estudios de viabilidad, particularmente en inversiones de mediano y pequeño porte. A simple vista pueden observarse numerosos emprendimientos fallidos a “mitad de camino”, a causa de imprevisiones sobre el financiamiento e imposibilidad de sostener los resultados previstos inicialmente, por los costos incrementados de hecho para resolver la contingencia financiera (Sobrero, 2009).

#### vi. Viabilidad Ambiental

Este componente ha tomado, en las últimas décadas, una dimensión tal que lo independiza de los estudios y análisis de pre inversión para constituirlo en un objeto de estudio autónomo, con metodologías específicas y una relevancia jerárquica tal que impone su desarrollo en forma exhaustiva y con formatos y requerimientos singulares.

No es ajena a esta autonomía y especificidad la creciente comprensión a escala mundial de la importancia de enmarcar las intervenciones antrópicas en consonancia con la capacidad de asimilación que de ellas tenga el ambiente en que se manifiestan. La incompreensión de estos límites, sumados a la excesiva relevancia que en las evaluaciones tiene el componente financiero y económico contribuyó a generar pérdidas en biodiversidad, en recursos no renovables, en el agotamiento de prácticas productivas extractivas centrados en el corto plazo.

Este retroceso del ambiente natural, acentuado en las últimas décadas, genera reacciones desde una diversidad de actores. No aún suficientes como para estimar que ha comenzado a revertirse el proceso de degradación. Para que ello ocurra es necesario reformular patrones productivos y de uso de recursos riesgosos para el ambiente que se contradicen con la lógica empresarial de ganancia en el corto y medio plazo. Y la presencia estatal en este ámbito, muestra demoras, vacilaciones y – muchas veces – complacencia y complicidad con la situación actual, en buena medida por el grado de permeabilidad que los Estados Centrales - y las debilidades de los Estados nacionales periféricos muestran frente a la comunidad empresaria responsable de actividades productivas agresivas con el ambiente.

En relación con estos estudios de Impacto Ambiental (EIA) cabe destacar una situación se verifica, en no pocos casos, en relación a las interfaces necesarias entre la formulación de las intervenciones y el estudio de sus impactos. Estos EIA se estructuran como un bloque analítico separado de la estructura lógica de un documento de Proyecto y esa independencia



de procedimientos genera dificultades en la retroalimentación mutua que demanda la dinámica de la formulación con el análisis ambiental de sus impactos.

Este EIA, en rigor, es también un análisis de viabilidad de la intervención, que explora los impactos esperados en esa particular dimensión de la realidad, al igual que ocurre en las restantes dimensiones analíticas. Y, como tal, comienza con la descripción del medio (en este caso, ambiental), analiza luego la magnitud, relevancia y oportunidad de los impactos esperables y -en su caso- el grado de reversibilidad previsto. En los casos de incertidumbre respecto de las magnitudes y cualidades de los impactos, estos estudios recomiendan actividades complementarias, compensatorias a la intervención prevista, que permitan eliminar, o mitigar, los efectos nocivos.

Estas actividades se describen incluyendo componentes y costos respectivos.

Puede ocurrir también que existan diferentes opciones de actividades con las cuales afrontar los impactos esperables. En ese caso se está ante la existencia de opciones (alternativas) de segundo nivel donde su jerarquización y selección amerita una evaluación expeditiva, generalmente no explicitada.

La pertenencia de la EIA al área de los Análisis de Viabilidad permite un mejor relacionamiento de sus conclusiones y resultados con las actividades de formulación del Proyecto, dado que provee información para las actividades de esta etapa. Por el contrario, las EIA realizadas con posterioridad al diseño, o a la formulación de una intervención, centran su desarrollo en lo descriptivo y dada su extemporaneidad pueden cumplir un rol justificatorio (Sobrero, 2009).

#### vii. Ciclo de vida de un Proyecto de Inversión

Es el proceso de transformación de una idea, desde su formulación, su aplicación y seguimiento, derivado de la detección de alguna necesidad, problemática u oportunidad, con el fin de contar con las provisiones de bienes o servicios que las pudieran resolver de la mejor manera. Además de tener como objetivo elevar las probabilidades de éxito, dado que la investigación y análisis realizados, hacen posible detectar las posibles soluciones y definir el proceso de la inversión. El ciclo de vida de un proyecto consta de 4 etapas:

- Pre- Inversión
- Inversión
- Operación, ejecución y monitoreo
- Evaluación Ex post o impacto del proyecto (Ledesma Martínez, 1997).



viii. Ratios e Indicadores de Evaluación de Proyectos

A la hora de analizar la conveniencia o no de realizar un proyecto de inversión, es necesario utilizar ciertos indicadores financieros que nos permiten tomar una decisión objetiva. Estos indicadores nos dicen si el proyecto es viable o no. Este artículo explica los distintos aspectos que deben tenerse en cuenta para un correcto cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de recuero (PR).

La Evaluación Financiera de un proyecto consiste en consolidar todo lo que averiguamos acerca del mismo (estimaciones de ventas, inversión necesaria, gastos de operación, costos fijos, impuestos, etc) para determinar finalmente cuál será su rentabilidad y el valor que agregará a la inversión inicial (Victoria, 2010).

ix. Cadena de Valor

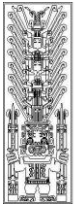
Porter define el valor como la suma de los beneficios percibidos que el cliente recibe menos los costos percibidos por él al adquirir y usar un producto o servicio. La cadena de valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual descomponemos una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. Esa ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su cadena de valor de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Por consiguiente la cadena de valor de una empresa está conformada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que éstas aportan (Porter, 1986).

x. Productividad

La productividad es la relación entre lo producido y lo consumido. Es la capacidad de un individuo u organización para producir cosas tangibles e intangibles. La productividad depende tanto del valor de los productos y servicios de un país medido por los precios que se pagan por ellos en los mercados libres como por la eficiencia con la que pueden producirse. El aumento de la productividad incluye procesos de crecimiento económico sostenible, que se logran mediante reducciones en las estructuras de costos y mejoras en la variedad y calidad de los bienes producidos, sin dejar de lado las condiciones básicas de bienestar como salud, educación y medio ambiente (Chiavenato, 2004).

xi. Competitividad

Según Michael Porter la competitividad está determinada por la productividad con la que la empresa, industria o nación utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales para producir bienes o servicios. Esta concepción de Porter, evidentemente relaciona



competitividad con métodos de producción eficientes, calidad de los productos, innovación tecnológica y otros factores que mejoran la rentabilidad (Porter, 1986).



### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La investigación científica se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas.

La presente tesis, responde a problemas técnicos, por lo que está orientada a demostrar la validez de indicadores técnicos, económicos y ambientales las cuales se aplican en la industria papelera las que permitirán demostrar la eficacia en la inserción de la fibra de bagazo de caña de azúcar en el proceso productivo del papel.

Por lo tanto, el tipo de investigación en la cual se enmarca esta tesis es la *Investigación Tecnológica*.

#### 3.2 Ámbito temporal y espacial

Para el desarrollo de la presente tesis, es de suma importancia la obtención de información de los hechos actuales, recopilando el mayor número de datos acerca de la fabricación del papel, por lo tanto los niveles de Investigación empleados fueron:

1. *Nivel Descriptivo:*

Consiste en recopilar e inspeccionar personalmente los procesos técnicos acerca del tema de investigación. Ésta técnica se utiliza para la localización económica del proyecto y la ubicación del terreno, con el fin de verificar que éste cuente con las dimensiones adecuadas, en una zona concurrida y de fácil acceso. Ya que para fines del proyecto se necesitan detalles cualitativos y cuantitativos de la fabricación de papel con el fin de entender mejor el comportamiento que presentaría con la utilización de la fibra de bagazo de caña de azúcar.

2. *Nivel Correlacional:*

Esta investigación tiene como finalidad determinar que existe una relación entre algunos conceptos, métodos o variables económicas, técnicas y ambientales que nos permitirá saber el comportamiento de cada uno de ellos con respecto a los demás para establecer la rentabilidad de una planta papelera a base de bagazo de caña de azúcar.

*Diseño de la investigación*

Es una investigación no experimental transeccional en la cual se utiliza la correlacionalidad o causalidad entre uno o más grupos.



### 3.3 Variables

Para caracterizar las variables fijas y cambiantes en el desarrollo del trabajo de investigación es necesario identificar variables dependientes e independientes.

#### i. Variable Dependiente

Es aquella característica, propiedad o cualidad de una realidad o evento que estamos investigando. Es el objeto de estudio, sobre la cual se centra la investigación en general.

- Viabilidad Técnica
- Viabilidad Económica
- Viabilidad Ambiental

#### ii. Variable Independiente

Es aquella propiedad, cualidad o característica de una realidad, evento o fenómeno, que tiene la capacidad para influir, incidir o afectar a otras variables. Se llama independiente, porque esta variable no depende de otros factores para estar presente en esa realidad en estudio.

- Indicadores técnicos
- Indicadores económicos
- Indicadores ambientales



*Definición operacional de variables*

Tabla 2. Matriz de Operacionalidad de variables.

Fuente: elaboración propia.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
Viabilidad Técnica	Permite determinar la calidad y coherencia de la información relacionada con el objetivo mismo del proyecto, sus planteamientos básicos, la dimensión de las variables que intervienen, soluciones y actividades.	Se hallarán tomando datos históricos de Lote de producción, Potencia instalada en HP, Potencia instalada en Hw, Capacidad instalada.	Física	Lote X = demanda previa X semanas  $P=R \cdot I^2 = V^2 / R$  Ci= horas/ año	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg</li> <li>• HP</li> <li>• KW</li> <li>• Tn/ Año</li> </ul>	Cuantitativa
Viabilidad Económica	Permite identificar y valorar los beneficios, con el fin de determinar si el proyecto genera efectivamente dichos beneficios y si su valoración se encuentra en rango aceptable.	Se hallarán tomando datos históricos de Valor actual neto (económico), Tasa interna de retorno (económico), Valor actual neto (financiero), Tasa interna de retorno (financiero).	Física	$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$ $TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$	PEN	Cuantitativa
Viabilidad Ambiental	Es el proceso tramitológico que deben cumplir los proyectos de desarrollo con el fin de obtener la aprobación de autoridades ambientales	Se hallarán tomando datos históricos de Demanda Biológica de oxígeno, Demanda de Química de oxígeno, Sólidos suspendidos, Turbidez.	Física Biológica	$DBO = (mg O_2) / l$  $DQO = mg / l$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mg O2 .l-1</li> <li>• mg.l -1</li> <li>• NTU</li> </ul>	Cuantitativa





### 3.4 Población y muestra

#### i. Población

Son los diferentes niveles de evaluación de la viabilidad de una Planta papelera con fibra del bagazo de caña de azúcar ubicada en Perú en la ciudad de Lima; esto debido a que se encuentra en Lima el 91% de la concentración de la industria.

#### ii. Muestra

El estudio se desarrollará en la ciudad de Lima, a partir de un proyecto de instalación de una planta papelera con fibra del bagazo de caña de azúcar.

### 3.5 Instrumentos

Con el listado de deficiencias o problemas encontrados en la creación de este proyecto que incluye la fibra de bagazo de caña de azúcar en la fabricación de papel, se estructuró el “árbol de problemas” en una relación causa-efecto. De esta manera se identificó el problema central, sus causas y efectos. En base al árbol de problemas se preparó el árbol de objetivos en una relación medios-fines, para posteriormente generar la creación de esta empresa papelera dedicada a la fabricación de papel en base del bagazo de la caña de azúcar, además del diseño de una encuesta que nos permitirá saber la importancia de los indicadores técnicos, económicos y ambientales de interés en la viabilidad del proyecto a través de la opinión de expertos y así determinar los indicadores de mayor influencia para el proyecto.

#### i. Descripción de las técnicas e instrumentos

Para el análisis de los datos, se utilizan las siguientes técnicas: la Estadística descriptiva, que analiza, estudia y describe a la totalidad de individuos de una población. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente y, por tanto, pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee.

Por lo que se contempla:

Diseño y elaboración de un matriz de evaluación de aspectos técnicos, económicos, financieros, y ambientales para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

Conformación de un Panel de Expertos de no menos 10 especialistas con suficiente trayectoria académica y experiencia profesional, en los ámbitos técnico, económico, financiero, y ambiental.



Aplicación de la matriz, con el uso de la metodología DELPHI, con tres iteraciones, a fin de determinar su consistencia interna y externa del instrumento.

Aplicación de la Matriz de interrelación para la estimación de la viabilidad de aspectos técnicos, económicos, financieros, y ambientales del proyecto. Esta matriz es doble entrada, donde las filas son los aspectos técnicos y ambientales, y en las columnas los criterios económicos y financieros.

Simulación del desempeño de los indicadores o ratios técnicos, ambientales, económicos y financieros, que serán controlados con el uso de la lógica difusa.

ii. **Validación de los instrumentos**

La validación de los instrumentos se basará en el análisis de la consistencia interna y externa con el uso de estadísticos de confiabilidad y validez, de cada uno de los ítems incorporados en el instrumento de recolección de datos.

Luego se analizará el nivel de consenso que surja como consecuencia de la aplicación del modelo DELPHI, con uso de la estadística de intendencia y asociación, en particular el Coeficiente de Variación, a fin de relevar los consensos o acuerdos entre los expertos.

En tercer lugar, la matriz de consenso se aplica al caso materia de estudio, con ella se obtendrán, como resultados básicos, los indicadores o ratios de aspectos técnicos, ambientales, económicos y financieros, que permiten evaluar la viabilidad del proyecto.

En cuarto lugar, se estimará la consistencia de los indicadores o ratios identificados, por medio de la simulación, controlada con ayuda de la lógica difusa.

### 3.6 Procedimientos

El coeficiente de variación es una medida de dispersión que describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. Puesto que el coeficiente de variación no se basa en unidades, se puede utilizar en lugar de la desviación estándar para comparar la dispersión de los conjuntos de datos que tienen diferentes unidades o diferentes medias.

El método Delphi se clasifica como uno de los métodos generales de prospectiva, que busca acercarse al consenso de un grupo de expertos con base en el análisis y la reflexión de un problema definido. También



es definido como el “método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo”. Lo que se persigue con esta técnica es obtener el grado de consenso o acuerdo de los especialistas sobre el problema planteado, utilizando los resultados de investigaciones anteriores, en lugar de dejar la decisión a un solo profesional.

Una vez que se ha identificado un problema que requiera ser tratado por un grupo de expertos, el primer paso es la constitución de un grupo que coordine el proceso. El número de integrantes es variable de dos a cinco personas.

Sus funciones son: estudiar y afinar el protocolo de trabajo (selección y reclutamiento de expertos, cronograma, etc.), estudiar y aprobar la lista de expertos, elaborar cuestionarios, favorecer la participación de los expertos, analizar las respuestas de las rondas, preparar los siguientes cuestionarios o preguntas y realizar una realimentación oportuna, supervisar la marcha de todo el proceso y en caso necesario proponer y tomar medidas correctoras, interpretar resultados.

El éxito y la obtención del máximo provecho de este método radican en la acertada realización de las múltiples funciones de este grupo coordinador, así como de la labor del grupo de expertos.

Una de ellas es el feedback, característica básica de la técnica Delphi y que sirve como vínculo, que une a los expertos entre sí y con los coordinadores. El grupo de coordinadores controla el flujo de la información, que se conforma con: 1) la información aportada por los expertos, la cual constituye la esencia de la interacción, 2) la proporcionada por el equipo coordinador (hechos relevantes, datos e informes), y 3) la información cuantitativa integrada (mediana e intercuartiles de la ronda anterior).

El feedback mejora la calidad del producto final, gracias a que pone al servicio de cada uno de los expertos información que antes del proceso, se encontraba en el conocimiento de uno o varios de los miembros del grupo.

### 3.7 Análisis de datos

#### i. Determinación de pesos por el método de Saaty

A continuación se probó la consistencia de la variables tanto Ambiental, Técnico y Económico Financiero a través de la determinación de pesos por el método de Saaty.



1. *Determinación de pesos por el método de Saaty (emc)- Ambiental*

En la tabla 03 y tabla 04 se muestra el desarrollo de la matriz propuesta por Saaty y los resultados de la misma los cuales muestran que la variable con más relevancia por su coeficiente (Ci) el cual es igual a 0.60 es el DBO, seguida de la Variable V2 con 0.20 que resulta del DQO y quedando como menos significativo la Variable V3 (Sólidos suspendidos) y la variable V4 (Turbidez) con un coeficiente de 0.15 y 0.05 respectivamente.

Tabla 3. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Ambiental

	V1	V2	V3	V4	Wi	Ci	LAMDAi
V1	1.00	5.00	3.00	9.00	3.41	0.60	0.98
V2	0.20	1.00	3.00	3.00	1.16	0.20	1.35
V3	0.33	0.33	1.00	5.00	0.86	0.15	1.09
V4	0.11	0.33	0.20	1.00	0.29	0.05	0.00

Pi	1.64	6.67	7.20	18.00	5.72		3.41
----	------	------	------	-------	------	--	------

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso, es la evaluación de consistencia de la matriz formada, por lo que se calculó los LAMDAi ( $\lambda_i$ ), que están dados por:  $C_i \cdot P_i$  tal como se muestra en la tabla 03; posteriormente se calculó el  $\lambda_{max}$  demostrando la consistencia de la misma ya que el valor resultante es 3.41 y se acerca al número de variables independientes (n) que para este caso sería 4, seguido de este cálculo en la tabla 19 se determinó el Índice de consistencia (CI), que determina la desviación del vector  $\lambda_{max}$  respecto a "n" el cual nos muestra un valor de -0.195172; asimismo, se calculó el Índice de consistencia aleatorio (RCI) el cual nos muestra un valor de 0.99.

Tabla 4. Cálculo de coeficientes- Ambiental

		PESOS	
V1	DBO	0.60	C1
V2	DQO	0.20	C2
V3	Sólidos suspendidos	0.15	C3
V4	Turbidez	0.05	C4
		1.00	

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la misma tabla 05, se procede a calcular la relación de consistencia,  $CR = CI / RCI$ , en donde, mientras menor sea la relación de consistencia CR, más consistentes son los



critérios dados por los especialistas. Si CR, es mayor a 0,10 los criterios son inconsistentes. En el caso de la Variable Ambiental el resultado es de -0.1971 lo cual nos indica que es Consistente.

Tabla 5. Evaluación de consistencia- Ambiental

CI=	-0.195172	
RCI=	0.99	
CR=	-0.1971	Consistente

Fuente: Elaboración propia

## 2. Determinación de pesos por el método de Saaty (emc)- Técnica

En la tabla 06 y tabla 07 se muestra el desarrollo de la matriz propuesta por Saaty y los resultados de la misma los cuales muestran que la variable con más relevancia por su coeficiente (Ci) el cual es igual a 0.52 es el BATCH, seguida de las Variables V2 (PiHP) y V3 (PiKW) con 0.20 que resulta del y quedando como menos significativo la Variable V4 (CapInstalada) con un coeficiente de 0.08.

Tabla 6. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Técnica

	V1	V2	V3	V4	Wi	Ci	LAMDAi
V1	1.00	3.00	3.00	5.00	2.59	0.52	0.97
V2	0.33	1.00	1.00	3.00	1.00	0.20	1.07
V3	0.33	1.00	1.00	3.00	1.00	0.20	1.07
V4	0.20	0.33	0.33	1.00	0.39	0.08	0.00

Pi	1.87	5.33	5.33	12.00	4.98		3.12
----	------	------	------	-------	------	--	------

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso, es la evaluación de consistencia de la matriz formada, por lo que se calculó los LAMDAi ( $\lambda_i$ ), que están dados por:  $C_i \cdot P_i$  tal como se muestra en la tabla 06; posteriormente se calculó el  $\lambda_{max}$  demostrando la consistencia de la misma ya que el valor resultante es 3.12 y se acerca al número de variables independientes (n) que para este caso sería 4, seguido de este cálculo en la tabla 22 se determinó el Índice de consistencia (CI), que determina la desviación del vector  $\lambda_{max}$  respecto a "n" el cual nos muestra un valor de -0.294949; asimismo, se calculó el Índice



de consistencia aleatorio (RCI) el cual nos muestra un valor de 0.99.

Tabla 7. Cálculo de coeficientes- Técnica

		PESOS	
V1	BATCH	0.52	<b>C1</b>
V2	PiHP	0.20	<b>C2</b>
V3	PiKW	0.20	<b>C3</b>
V4	CapInstalada	0.08	<b>C4</b>
		1.00	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 08, se procede a calcular la relación de consistencia,  $CR = CI / RCI$ , en donde, mientras menor sea la relación de consistencia CR, más consistentes son los criterios dados por los especialistas. Si CR, es mayor a 0,10 los criterios son inconsistentes. En el caso de la Variable Técnico el resultado es de -0.2979 lo cual nos indica que es Consistente.

Tabla 8. Evaluación de consistencia- Técnico

Ci=	-0.294949	
Rci=	0.99	
CR=	-0.2979	Consistente

Fuente: Elaboración propia

### 3. Determinación de pesos por el método de Saaty (emc)- Económica Financiera

En la tabla 09 y tabla 10 se muestra el desarrollo de la matriz propuesta por Saaty y los resultados de la misma los cuales muestran que la variable con más relevancia por su coeficiente (Ci) el cual es igual a 0.66 es la variable V1 (VANec), seguida de la Variable V2 con 0.18 que resulta del TIRec y quedando como menos significativo la Variable V3 (VANfin) y la variable V4 (TIRfin) con un coeficiente de 0.11 y 0.05 respectivamente.



Tabla 9. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty - Económica

	V1	V2	V3	V4	Wi	Ci	LAMDAi
V1	1.00	5.00	7.00	9.00	4.21	0.66	0.96
V2	0.20	1.00	3.00	3.00	1.16	0.18	1.21
V3	0.14	0.33	1.00	5.00	0.70	0.11	1.23
V4	0.11	0.33	0.20	1.00	0.29	0.05	0.00

<b>Pi</b>	<b>1.45</b>	<b>6.67</b>	<b>11.20</b>	<b>18.00</b>	<b>6.36</b>		<b>3.41</b>
-----------	-------------	-------------	--------------	--------------	-------------	--	-------------

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso, es la evaluación de consistencia de la matriz formada, por lo que se calculó los LAMDAi ( $\lambda_i$ ), que están dados por:  $C_i \cdot P_i$  tal como se muestra en la tabla 09; posteriormente se calculó el  $\lambda_{max}$  demostrando la consistencia de la misma ya que el valor resultante es 3.41 y se acerca al número de variables independientes (n) que para este caso sería 4, seguido de este cálculo en la tabla 25 se determinó el Índice de consistencia (CI), que determina la desviación del vector  $\lambda_{max}$  respecto a "n" el cual nos muestra un valor de -0.198088; asimismo, se calculó el Índice de consistencia aleatorio (RCI) el cual nos muestra un valor de 0.99.

Tabla 10. Cálculo de coeficientes- Económica

		<b>PESOS</b>	
V1	VANec	0.66	<b>C1</b>
V2	TIRec	0.18	<b>C2</b>
V3	VANfin	0.11	<b>C3</b>
V4	TIRfin	0.05	<b>C4</b>
		1.00	

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la tabla 11, se procede a calcular la relación de consistencia,  $CR = CI / RCI$ , en donde, mientras menor sea la relación de consistencia CR, más consistentes son los criterios dados por los especialistas. Si CR, es mayor a 0,10 los criterios son inconsistentes. En el caso de la Variable Económica el resultado es de -0.2001 lo cual nos indica que es Consistente.



Tabla 11. Evaluación de consistencia- Económica

Ci=	-0.198088
Rci=	0.99
CR=	-0.2001

Consistente

Fuente: Elaboración propia

ii. Caracterización de las variables de estudio

Las variables de interés pueden ser agrupadas en tres dimensiones es: económicas y financieras, técnicas, y ambientales, estas últimas en términos de valores o estándares ambientales que caracterizan la descarga de residuos líquidos provenientes del proceso de transformación. En la tabla 12 se ofrecen los resultados del análisis descriptivo de las variables comprendidas en el estudio y los diagramas de caja, que ilustran la distribución de los datos analizados (fig. 2).

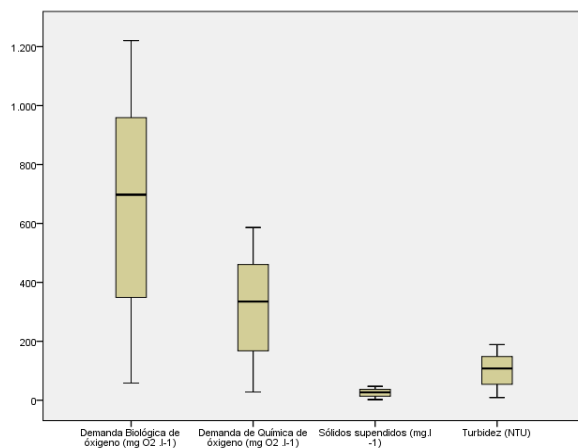


Fig.2-A. Diagrama de caja de las variables ambientales en la industria de papel (caña de azúcar)

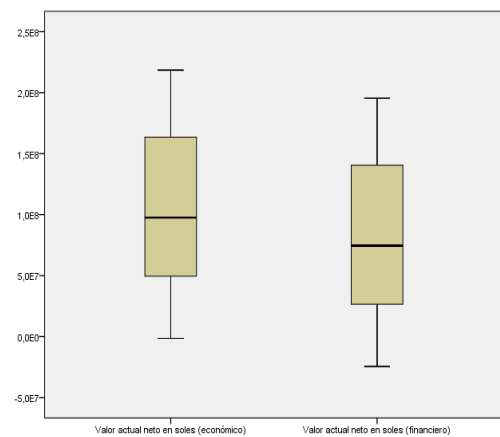


Fig.2-B. Diagrama de caja de las variables económicas-financieras en la industria de papel (caña de azúcar)



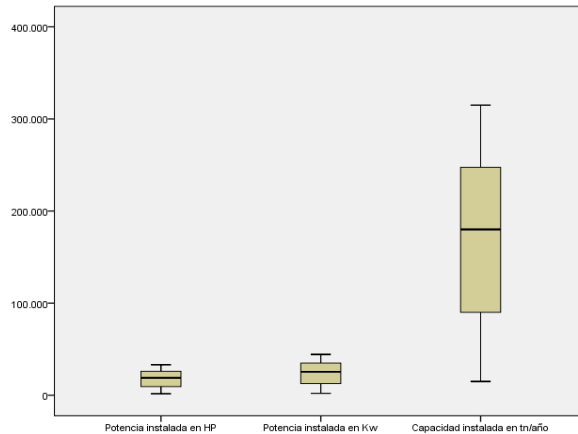


Fig.2-C. Diagrama de caja de las variable técnicas en la industria de papel (caña de azúcar)

Figura 2. Diagramas de caja de las variables de interés según dimensiones ambiental, técnica y económica-financiera.

Por los resultados del análisis exploratorio se tienen tres comentarios. En primer, lugar las variables de la dimensión económico-financiera muestran una dispersión importante (Fig. 2-B), tanto por los valores de la media, varianza y desviación estándar, en tanto que las variables del ámbito técnico tienen menor dispersión, con excepción de la capacidad instalada (Fig. 2-C). En el caso de las variables de la dimensión ambiental, se aprecian dos comportamientos, de un lado, las variables relacionadas con el DBO y DQO, que muestran una importante dispersión y de otro, las variables que corresponden a la turbidez y sólidos totales suspendidos (Fig. 2-A).

En segundo lugar, respecto a los patrones de distribución de las variables de interés, se tiene que la mayoría de las variables analizadas tiene una distribución asimétrica negativa. Esto quiere decir, que la cola tiene un sesgo izquierdo. En el caso de la Tasa Interna de Retorno (económico) podría afirmarse que tiene una distribución simétrica al mostrar un valor del estadístico cercano a cero (-0.04). Por último, se tienen el caso de las variables Valor Actual Neto (económico y financiero), así como la Tasa Interna de Retorno (financiero) que son asimétricos con cola derecha.



Tabla 12 . Estadísticos descriptivos de las variables de interés

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	15	1,162.66	58.13	1,220.79	9,911.68	660.78	379.69	144,165.54	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	15	558.16	27.91	586.07	4,758.31	317.22	182.28	33,225.65	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Sólidos suspendidos (mg.l -1)	15	44.80	2.24	47.04	381.92	25.46	14.63	214.05	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Turbidez (NTU)	15	179.66	8.98	188.64	1,531.60	102.11	58.67	3,442.38	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Valor actual neto en soles (económico)	15	219,9 exp 10 <sup>6</sup>	-1,45 exp 10 <sup>6</sup>	218,4 exp10 <sup>6</sup>	1,5exp10 <sup>9</sup>	105,4 expo10 <sup>6</sup>	70,8exp10 <sup>6</sup>	5,0 expo 101 <sup>5</sup>	0.12	0.58	-1.29	1.12
Tasa interna de retorno en soles (económico)	15	0.82	-0.10	0.72	4.98	0.33	0.25	0.06	-0.04	0.58	-1.11	1.12
Valor actual neto en soles (financiero)	15	219,exp10 <sup>6</sup>	-24,4expo10 <sup>6</sup>	195,4expo10 <sup>6</sup>	1,2expo10 <sup>9</sup>	82,4expo10 <sup>6</sup>	70,8expo10 <sup>6</sup>	5,0expo10 <sup>15</sup>	0.12	0.58	-1.29	1.12
Tasa interna de retorno en soles (financiero)	15	1.96	-	1.96	12.22	0.81	0.67	0.44	0.36	0.58	-1.33	1.12
Lote de producción en kg.	15	2,062.00	103.10	2,165.10	17,578.55	1,171.90	673.39	453,454.10	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Potencia instalada en HP	15	31,550.82	1,577.54	33,128.36	268,970.74	17,931.38	10,303.59	106,1expo10 <sup>6</sup>	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Potencia instalada en Kw	15	42,293.32	2,114.67	44,407.99	360,550.55	24,036.70	13,811.78	190,7expo10 <sup>6</sup>	-0.12	0.58	-1.34	1.12
Capacidad instalada en tn/año	15	300,000.00	15,000.00	315,000.00	2,557,500.00	170,500.00	97,971.39	9,5expo10 <sup>9</sup>	-0.12	0.58	-1.34	1.12
N válido (por lista)	15											

Fuente: Elaboración propia



En lo referente al apuntamiento a agudeza del polígono de frecuencias, se tiene que todas las variables tienen un estadístico de curtosis negativo (-1.11 a -1.34), que indica que la distribución sería del tipo platicúrtica. Por todas estas consideraciones empíricas, es posible afirmar que las variables estudiadas, en sus diferentes ámbitos (ambiental, técnico y económico-financiero), muestran una dispersión importante y por ende, las medidas de tendencia central deben ser controladas porque podrían no caracterizar adecuadamente a la muestra.

A fin de resolver este problema, se aplicó las técnicas del análisis exploratorio de datos, con ayuda del software SPSS 24, y cuyos resultados se aprecian a continuación. En el caso de las variables de la dimensión ambiental, se tiene para el DBO, el intervalo de confianza al 95% para la media, estaría ubicado entre los valores [450.51-871.04] que resulta siendo bastante amplio. En el DQO se tiene un intervalo más pequeño [216.28-418.16], situación que se repite para los Sólidos Suspendidos [17.36-33.56] y para la Turbidez [69.62-134.60] (Tab. 13).

*Tabla 13. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión ambiental*

Limite/Variable	DBO (mg O <sub>2</sub> .l- 1)	DQO (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Sólidos suspendidos (mg.l -1)	Turbidez (NTU)
Límite inferior	450.51	216.28	17.36	69.62
Límite superior	871.04	418.16	33.56	134.60
Media recortada	663.15	318.36	25.55	102.47

Fuente: Elaboración propia

De otro lado, en la tabla 14 se aprecian los valores de los estimadores de la media por cuatro métodos, según los cuales, se aprecian valores muy próximos, por tanto, al elegir el valor del bioponderado de Tukey, se obtendría un valor estimado más fuerte. Este procedimiento corresponde al estudio de la incertidumbre y control del valor estimado para la media recortada (95%).

*Tabla 14. Estimadores de la media para las variables de la dimensión ambiental*

Variable	Estimador M de Huber <sup>a</sup>	Biponderado de Tukey <sup>b</sup>	Estimador M de Hampel <sup>c</sup>	Onda de Andrews <sup>d</sup>
Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l- 1)	670.9433	669.5844	663.8926	669.5742
Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l- 1)	322.1008	321.4484	318.7160	321.4435
Sólidos suspendidos (mg.l -1)	25.8530	25.8006	25.5813	25.8003
Turbidez (NTU)	103.6775	103.4675	102.5880	103.4659

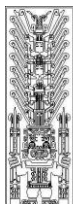
a. La constante de ponderación es 1.339.

b. La constante de ponderación es 4.685.

c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500

d. La constante de ponderación es 1.340\* $\pi$ .

Fuente: Elaboración propia



En el caso de las variables de la dimensión económico-financiero, que se ofrecen en la tabla 15, se aprecia que el VAN (económico) tiene un intervalo amplio entre [66, 148,613.40-144, 664,695.07], al igual que el VAN (financiero) que presenta el recorrido de [43, 164,703.21-121, 680,784.89]. Una situación similar con un intervalo amplio se presenta para la TIR (económica) de [0.19-0.47] y para la TIR (financiera) de [0.45-1.18].

Tabla 15. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión económico-financiero

Limite/Variable	VAN (Económico)	TIR (Económico)	VAN (Financiero)	TIR (Financiero)
Límite inferior	66,148,613.40	.19	43,164,703.21	0.45
Límite superior	144,664,695.07	.47	121,680,784.89	1.18
Media recortada	105,062,020.98	.33	82,078,110.80	0.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se ofrecen los resultados del análisis de incertidumbre para los estimadores de la media de las variables del ámbito o dimensión económico financiero, y de forma análoga a la comentada en el apartado anterior, se aprecian valores próximos, en la cual es posible tomar como valor más fuerte aquel que brinda el método de biponderado de Tukey.

Tabla 16. Estimadores de la media para las variables de la dimensión económico-financiero

Variable	Estimador M de Huber <sup>a</sup>	Biponderado de Tukey <sup>b</sup>	Estimador M de Hampel <sup>c</sup>	Onda de Andrews <sup>d</sup>
Valor actual neto en soles (económico)	103,920,672.08	103,766,165.41	105,043,288.47	103,764,643.98
Tasa interna de retorno en soles (económico)	0.33	0.33	0.34	0.33
Valor actual neto en soles (financiero)	80,936,761.90	80,782,255.23	82,059,378.29	80,780,733.80
Tasa interna de retorno en soles (financiero)	0.76	0.78	0.80	0.78

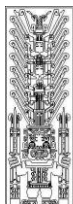
a. La constante de ponderación es 1.339.

b. La constante de ponderación es 4.685.

c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500

d. La constante de ponderación es  $1.340 \cdot \pi$ .

Fuente: Elaboración propia



Por último, se ofrecen los resultados obtenidos para el análisis exploratorio correspondiente a la media de las variables de la dimensión técnica. Se aprecian que los intervalos para las variables estudiadas son menos anchos que en los otros casos comentados, de forma tal, que en el caso del Lote de producción, el intervalo tiene un recorrido de [798.99-1544.81], en cuanto a la Potencia instalada en HP [12225.44-23637.32] y en Kw [16387.99-31685.41], y en el caso de la Capacidad instalada de [116245.25-224754.75]. Sin embargo, se mantiene la incertidumbre del valor reportado, en cada caso de la media recorda, por lo que se hace necesario una evaluación del valor esperado de esa media.

Tabla 17. Análisis exploratorio de la media para las variables de la dimensión técnica

Límite/Variable	Lote de producción en Kg.	Potencia instalada en HP	Potencia instalada en Kw	Capacidad instalada en tm/año
Límite inferior	798.99	12,225.44	16,387.99	116,245.25
Límite superior	1,544.81	23,637.32	31,685.41	224,754.75
Media recortada	1,176.10	17,995.65	24,122.86	171,111.11

Fuente: Elaboración propia

Por los resultados señalados en la tabla 18 se aprecia que los valores estimados para la media de las variables analizadas en la dimensión técnica tienen valores muy similares para los cuatro métodos de estimación. De modo, que si elige el método biponderado de Tukey se tendría la menor incertidumbre.

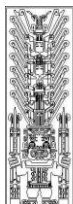
Tabla 18. Estimadores de la media para las variables de la dimensión técnica

Variable	Estimador M de Hubera	Biponderado de Tukeyb	Estimador M de Hampelc	Onda de Andrews d
Lote de producción en kg.	1,189.93	1,187.52	1,177.43	1,187.50
Potencia instalada en HP	18,207.22	18,170.35	18,015.89	18,170.07
Potencia instalada en Kw	24,406.46	24,357.03	24,149.99	24,356.66
Capacidad instalada en tn/año	173,122.83	172,772.20	171,303.55	172,769.56

- a. La constante de ponderación es 1.339.
- b. La constante de ponderación es 4.685.
- c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500
- d. La constante de ponderación es  $1.340 \cdot \pi$ .

Fuente: Elaboración propia

Un segundo aspecto de relativa importancia se refiere al tipo de distribución de los datos de las variables de interés. El supuesto básico considera que tales datos tienen una distribución del tipo normal  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$  y de la cual dependerá el tipo de análisis correlacional y regresional que se pretenda aplicar más adelante. Por ejemplo, en la tabla 19 se aprecian los estadísticos de la



prueba de normalidad aplicada a las variables de la dimensión ambiental, según la cual todas las variables presenta una distribución normal, dado el p-value del test Shapiro-Wilk (0.50) y que al ser mayor que el  $\alpha=0.05$ , debe aceptarse la hipótesis nula, es decir, la normalidad.

Tabla 19. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión ambiental

Variables de interés	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Sólidos suspendidos (mg.l -1)	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Turbidez (NTU)	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las variables del componente económico-financiero, se aprecia que también siguen una distribución al apreciarse que el p-value del test Shapiro-Wilk es mayor que 0.05. Por tanto, aquí también prevalece la hipótesis nula, es decir la normalidad.

Tabla 20. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión económico-financiera

Variables de interés	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor actual neto en soles (económico)	.13	15	,200*	.94	15	.51
Tasa interna de retorno en soles (económico)	.10	15	,200*	.96	15	.76
Valor actual neto en soles (financiero)	.13	15	,200*	.94	15	.51
Tasa interna de retorno en soles (financiero)	.15	15	,200*	.92	15	.19

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Por último, se tiene el caso de la dimensión técnica, los datos de las variables de interés también tienen una distribución normal, al ser mayor el p-value (0.50) de la prueba de Shapiro-Wilk, respecto al valor de  $\alpha=0.05$ .



Tabla 21. Estadísticos de la prueba de normalidad aplicables a las variables de la dimensión técnica

Variables de interés	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Lote de producción en kg.	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Potencia instalada en HP	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Potencia instalada en Kw	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50
Capacidad instalada en tn/año	0.12	15	,200*	0.95	15	0.50

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Una forma complementaria para el estudio de la normalidad de los datos, es el método gráfico por medio de los diagramas Q-Q plot, tal como se aprecia del detalle de la figura 03, según las cuales, los datos se distribuyen en las proximidades de la curva de normalidad.

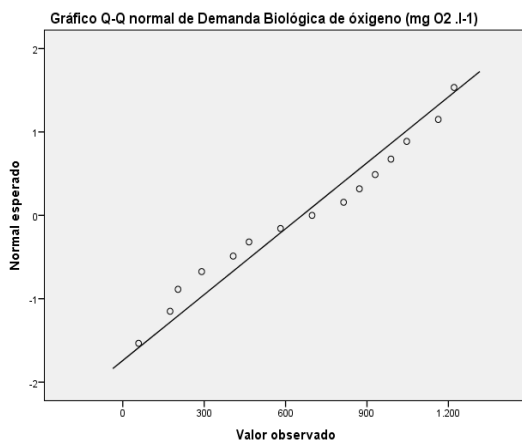


Fig.3-A: Grafico de normalidad para la variable DBO (Dimensión ambiental)

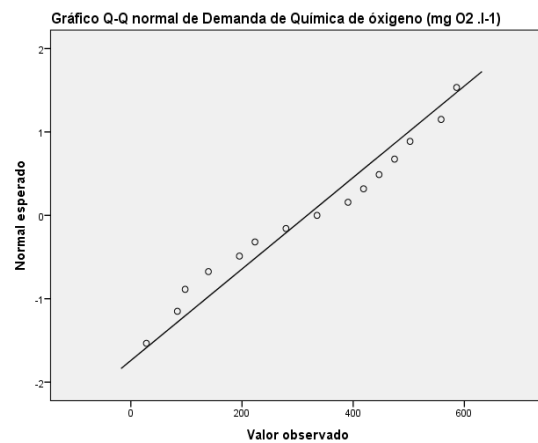


Fig.3-B: Grafico de normalidad para la variable DQO (Dimensión ambiental)

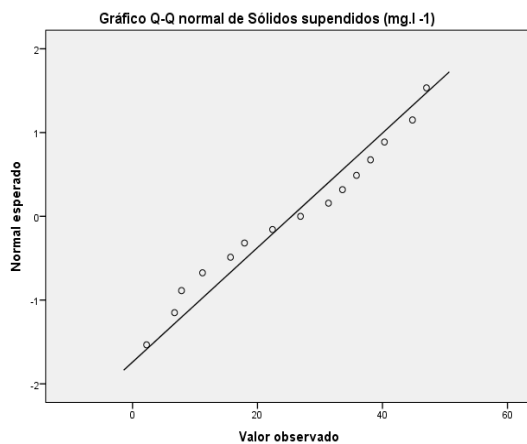


Fig.3-C: Grafico de normalidad para la variable STS (Dimensión ambiental)

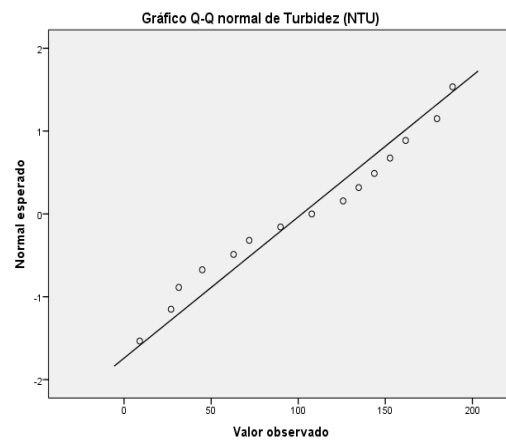


Fig.3-D: Grafico de normalidad para la variable Turbidez (Dimensión ambiental)

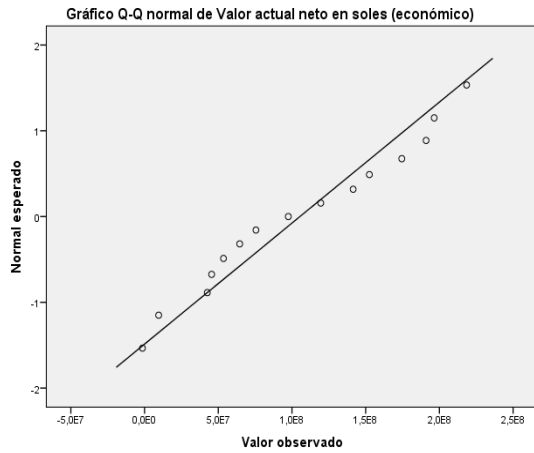


Fig.3-E: Grafico de normalidad para la variable VAN-económico (Dimensión económico-financiero)

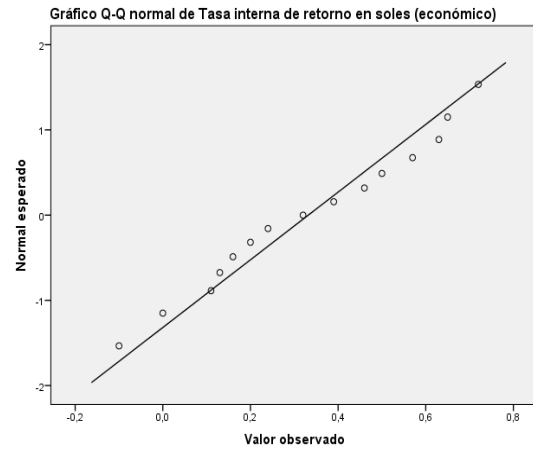


Fig.3-F: Grafico de normalidad para la variable TIR-económico (Dimensión económico-financiero)

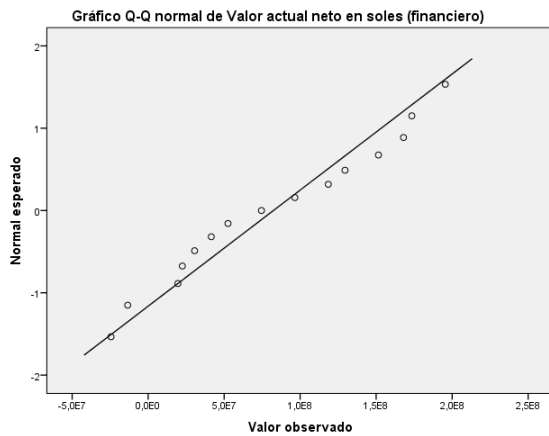


Fig.3-G: Grafico de normalidad para la variable VAN-financiero (Dimensión económico-financiero)

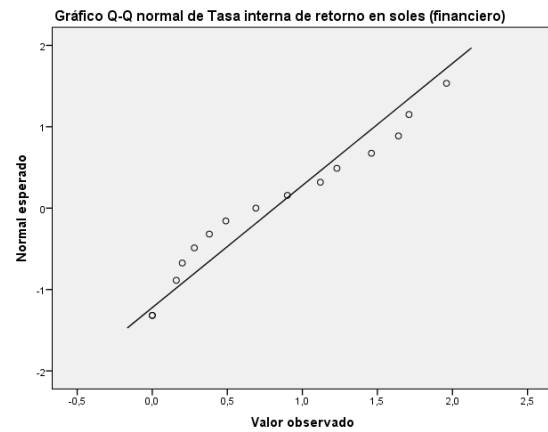


Fig.3-H: Grafico de normalidad para la variable TIR-financiero (Dimensión económico-financiero)

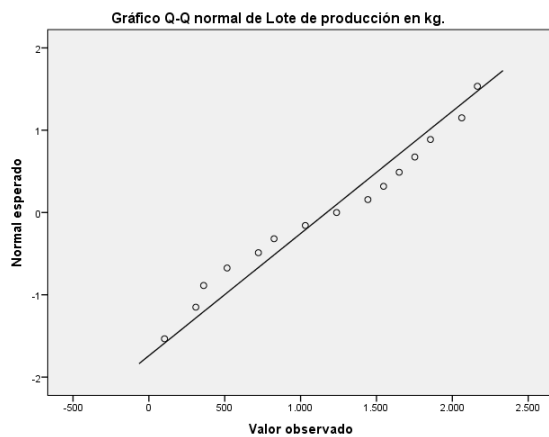


Fig.3-I: Grafico de normalidad para la variable Lote de producción (Dimensión técnica)

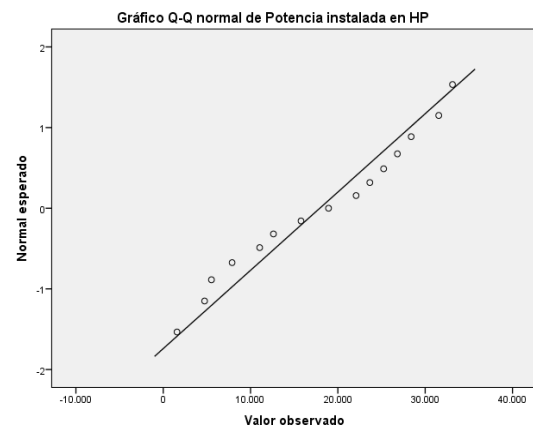


Fig.3-J: Grafico de normalidad para la variable Potencia instalada (HP) (Dimensión técnica)



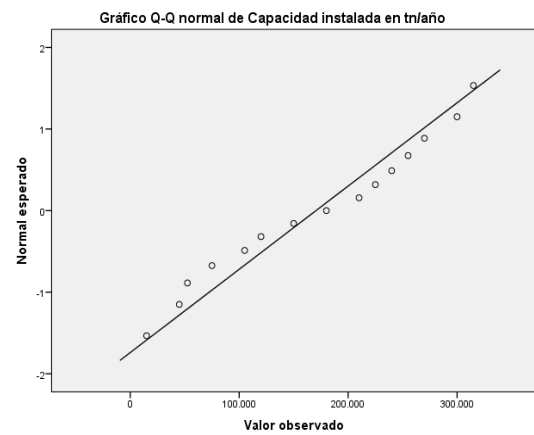
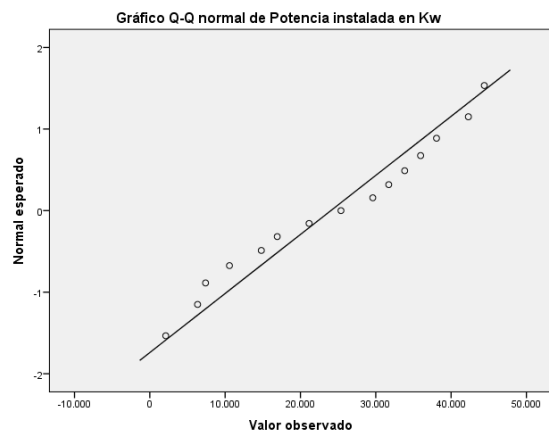
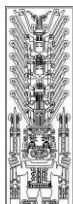


Fig.3-J: Grafico de normalidad para la variable Potencia instalada (Kw) (Dimensión técnica)

Fig.3-K: Grafico de normalidad para la variable Capacidad instalada (Dimensión técnica)

Figura 3. Gráficos de normalidad de las diferentes variables de interés según dimensiones

Fuente: Elaboración propia



#### IV. RESULTADOS

La hipótesis planteada para la presente investigación es:

*“Se determinará los parámetros técnicos, económicos y ambientales que ayudaran a establecer la viabilidad de la producción de papel a base de la fibra de bagazo de caña de azúcar”*

En la tabla 22 se aprecian los resultados del análisis de varianza (ANOVA), en la cual se observa que el estadístico F de Fisher tiene un valor alto, con una significancia inferior al valor crítico ( $p < \alpha$ ), de modo que resulta siendo significativo, es decir, al menos una variable independiente explica el comportamiento de la variable dependiente. Y además expresa que el modelo puede ser empleado no solo para explicar el comportamiento de la variable dependiente, sino que explica ese comportamiento en la población, esto implica que el modelo propuesto podría ser útil con fines predictivos.

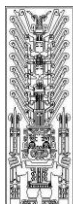
Tabla 22. Estadísticos análisis de varianza (ANOVA)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	70,264,931,226,165,400.00	2	35,132,465,613,082,700.00	4570.903	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	92,233,335,917,476.30	12	7,686,111,326,456.36		
	Total	70,357,164,562,082,900.00	14			

a. Predictores: (Constante), Tasa interna de retorno en soles (económico), Lote de producción en kg.

b. Variable dependiente: Valor actual neto en soles (económico)

Fuente: *Elaboración propia*



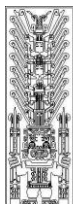
## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según la literatura especializada se consideran que existe importantes asociaciones entre las variables de las diferentes dimensiones: ambiental, económico-financiero y técnica. Para abundar en estas asociaciones se consignan en las tablas 23 y 24, a nivel de correlaciones bivariadas con uso del test de Pearson, dado que se tratan de variables numéricas, cuantitativas continuas.

En la tabla 23 se presentan los índices de correlación de Pearson entre las variables de la dimensión ambiental y las del componente económico-financiero, con los siguientes comentarios: Primero, entre las variables de la dimensión, como es lógico esperar, se obtiene índices muy altos (1.00), con una significación también importante ( $p$ -value=0.00) que al ser inferior al  $\alpha=0.01$  (prueba bilateral), se puede afirmar que las variables están correlacionadas significativamente de manera creciente (positiva). Segundo, una situación similar se observa entre las variables de la dimensión económico-financiera con valores muy elevados [0.94-1.00], igualmente significativas por su  $p$ -value (0.00). Tercero, en cambio la correlación entre las variables de ambos competente, es negativa (inversa), con valores igualmente altos [-0.994 a -0.999]. Esto último indicaría que a medida que se obtienen mejoras económicas o financieras los parámetros ambientales decaen, en cuanto a calidad.

Tabla 23. Correlaciones bivariadas entre las variables de la dimensión ambiental y la económico-financiera

Variable/Variable		Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Sólidos suspendidos (mg.l -1)	Turbidez (NTU)	Valor actual neto en soles (económico)	Tasa interna de retorno en soles (económico)	Valor actual neto en soles (financiero)	Tasa interna de retorno en soles (financiero)
Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Correlación de Pearson	1	1,000**	1,000**	1,000**	-,999**	-,996**	-,999**	-,994**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Correlación de Pearson	1,000**	1	1,000**	1,000**	-,999**	-,996**	-,999**	-,994**
	Sig. (bilateral)	.000		0.000	0.000	.000	.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Sólidos suspendidos (mg.l -1)	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1	1,000**	-,999**	-,996**	-,999**	-,994**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000		0.000	.000	.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Turbidez (NTU)	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1	-,999**	-,996**	-,999**	-,994**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.000		.000	.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Valor actual neto en soles (económico)	Correlación de Pearson	-,999**	-,999**	-,999**	-,999**	1	,998**	1,000**	,994**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000		.000	0.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa interna de retorno en soles (económico)	Correlación de Pearson	-,996**	-,996**	-,996**	-,996**	,998**	1	,998**	,986**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000



	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Valor actual neto en soles (financiero)	Correlación de Pearson	-,999**	-,999**	-,999**	-,999**	1,000**	,998**	1	,994**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	0.000	.000		.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa interna de retorno en soles (financiero)	Correlación de Pearson	-,994**	-,994**	-,994**	-,994**	,994**	,986**	,994**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15

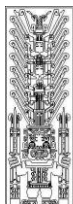
\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la tabla 24 contiene los resultados de los índices de correlación obtenidos para las variables de la dimensión ambiental y técnica. Al respecto se pueden formular los siguientes comentarios: Primero, se aprecian, al igual que el caso anterior correlaciones altas ( $P=1.00$ ) entre las variables de la dimensión ambiental, que además son significativas. Segundo, las correlaciones entre variables de la dimensión técnica son también altas ( $P=1.00$ ), significativas y positivas. Tercero, la correlación entre las variables de la dimensión ambiental y la técnica, son también altas ( $P=1.00$ ), significativas y positivas. Esto quiere decir que cualquier incremento en la producción supondría cambios en el mismo sentido en los parámetros ambientales.

Tabla 24. Correlaciones bivariadas entre las variables de la dimensión ambiental y la técnica

Variable/variable		Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Sólidos suspendidos (mg.l -1)	Turbidez (NTU)	Lote de producción en kg.	Potencia instalada en HP	Potencia instalada en Kw	Capacidad instalada en tn/año
Demanda Biológica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Correlación de Pearson	1	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	0.000	0.000	.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Demanda de Química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> .l-1)	Correlación de Pearson	1,000**	1	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	.000		0.000	0.000	0.000	.000	.000	0.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Sólidos suspendidos (mg.l -1)	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000		0.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Turbidez (NTU)	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	.000	0.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Lote de producción en kg.	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	.000	0.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15



Potencia instalada en HP	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	0.000	0.000	0.000		.000	0.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Potencia instalada en Kw	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1	1,000**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		0.000
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Capacidad instalada en tn/año	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

➤ *Hacia un modelo interpretativo*

Por las consideraciones expuestas en el apartado anterior es posible postular un modelo de causalidad que explique las vinculaciones entre las variables de interés. Este modelo supone que se tienen asociaciones elevadas, significativas, sin embargo, con diferentes sentidos, en unos casos crecientes (positivos) y en otros decrecientes (negativos). Entonces, debe considerarse que es posible elegir una variable por cada dimensión a fin de evitar redundancia en el modelo y obtener una ecuación parsimoniosa. Los supuestos de ese modelo serían dos: Uno primero, referido a que la variable que más importante a explicar es el VAN en soles (económico), el cual sería dependiente de otras variables provenientes de las dimensiones ambiental y técnica. Uno segundo, permite considerar que las variables independientes son el TIR (económico), Lote de producción y el DBO.

Un primer resultado obtenido, en la construcción del modelo, es la obtención de los estadísticos básicos, que se aprecian en la tabla 25. El coeficiente de correlación que expresa la relación entre las variables es alto y así como el cambio del coeficiente de determinación y el coeficiente ajustado. De otro lado, se tiene el estadístico Durbin-Watson que mide la correlación de los errores, y que en este caso al ser  $d > 2$  se postula que en promedio expresan valores muy diferentes uno respecto a otro, es decir podría existir una correlación serial negativa y que subestimaría el nivel de significancia real. Cabe señalar además que el modelo excluye la variable DBO, por ser irrelevante para el modelo propuesto.

Tabla 25. Estadísticos básicos del modelo regresional

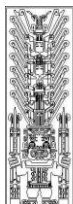
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
				Cambio en R <sup>2</sup>	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F	
,999a	1.00	1.00	2,772,383.69	1.00	4,570.90	2	12	.000	2.546

a. Predictores: (Constante), Tasa interna de retorno en soles (económico), Lote de producción en kg.

b. Variable dependiente: Valor actual neto en soles (económico)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se aprecian los resultados del análisis de varianza (ANOVA), en la cual se observa que el estadístico F de Fisher tiene un valor alto, con una significancia inferior al valor crítico ( $p < \alpha$ ), de modo que resulta siendo significativo, es decir, al menos una



variable independiente explica el comportamiento de la variable dependiente. Y además expresa que el modelo puede ser empleado no solo para explicar el comportamiento de la variable dependiente, sino que explica ese comportamiento en la población, esto implica que el modelo propuesto podría ser útil con fines predictivos.

Tabla 26. Estadísticos análisis de varianza (ANOVA)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	70,264,931,226,165,400.00	2	35,132,465,613,082,700.00	4570.903	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	92,233,335,917,476.30	12	7,686,111,326,456.36		
	Total	70,357,164,562,082,900.00	14			

a. Predictores: (Constante), Tasa interna de retorno en soles (económico), Lote de producción en kg.

b. Variable dependiente: Valor actual neto en soles (económico)

Fuente: Elaboración propia

Por último, se ofrecen los resultados obtenidos para los coeficientes de la regresión. Se aprecia que por los  $\beta$  estandarizados, la variable Lote de producción tiene mayor importancia que la TIR (económico), sin embargo, ella tiene un incidencia negativa (-0.64), en cambio la TIR tiene una carga positiva (0.36). Se advierte además que el estadístico *t-student* es significativo para ambas variables ( $p\text{-value} < \alpha$ ).

Tabla 27. Estadísticos de los coeficientes de la regresión

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficiente estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
		B	Error estándar				Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	150,128,265.30	25,157,712.42		5.97	0.00	95,314,318.72	204,942,211.88
	Lote de producción en kg.	-67,103.67	12,221.05	-0.64	-5.49	0.00	-93,731.05	-40,476.30
	Tasa interna de retorno en soles (económico)	102,160,862.24	32,682,908.38	0.36	3.13	0.01	30,950,922.16	173,370,802.33

a. Predictores: (Constante), Tasa interna de retorno en soles (económico), Lote de producción en kg.

Fuente: Elaboración propia

De esa forma se puede postular un modelo con la siguiente expresión general:

$$VAN(eco) = \beta_0 - \beta_1 LP + \beta_2 TIR(eco) + \varepsilon$$

Donde, VAN(eco) es el valor actual neto (económico), LP el lote de producción en TM/año, TIR(eco) la tasa interna de retorno (económica) en soles, y  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ , y  $\beta_2$  los coeficientes del modelo o las elasticidades, que expresan el cambio de una unidad en la variable independiente respecto al cambio en la variable dependiente.

Y en qué forma específica, para el caso estudiado, sería:

$$VAN = 150128265.29 - 67103.67LP + 102160862.24TIR(eco)$$



## VI. CONCLUSIONES

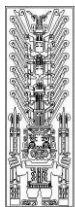
- Se concluye que las variables expuestas para determinar a viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta papelerera con fibra del bagazo de caña de azúcar son consistentes de acuerdo a lo desarrollado en la matriz Saaty, dando los siguientes valores de CR:  
CR Variables Ambientales: **-0.1971**  
CR Variables Técnicas: **-0.2979**  
CR Variables Económicas Financieras: **-0.2001**
- Después de haber realizado las simulaciones en el software SPSS 24 puede postular un modelo con la siguiente expresión general:  $VAN(eco) = \beta_0 - \beta_1 LP + \beta_2 TIR(eco) + \varepsilon$ . la cual sería la ecuación óptima para la determinar a viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta papelerera con fibra del bagazo de caña de azúcar.
- Según lo impuesto en el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE la Variable Ambiental dada por simulaciones en el software SPSS 24 se encuentra dentro de los parámetros legales establecidos por el PRODUCE.
- Uno de los valores relevantes dados por el software SPSS 24 para la variable Económica Financiera es el VAN(eco) es el valor actual neto (económico) en soles que según lo explicado por Altuve G., José Germán en “El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión” si es igual o mayor que 1, la propuesta de inversión es aceptable con lo cual nuestro resultado queda validado (Altuve G., 2004).
- Otro de los valores relevantes dados por el software SPSS 24 para la variable Económica Financiera es el TIR(eco) la tasa interna de retorno (económica) en soles que según lo explicado por Chagolla Farías M. A., Hernández Rodríguez J. en “LA IMPORTANCIA DE LA TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMO ACEPTABLE (TREMA) EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS.” Siendo factible cualquier propuesta que tenga una TIR mayor que la TREMA (Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable), la propuesta de inversión es aceptable con lo cual nuestro resultado queda validado (Chagolla Farías M. A., 2011).



## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar seguimiento a la consistencia de las variables de acuerdo a los monitoreos a realizarse.
- De acuerdo a las actualizaciones de software SPSS 24 dar seguimiento a las variables para actualizar si sea el caso de los resultados obtenidos.
- Se recomienda mantenerse al tanto de las actualizaciones de D.S. N° 003-2002-PRODUCE y la variación que pueda haber en los parámetros establecidos para que las simulaciones sigan estando dentro de los mismos.
- Se recomienda que para siguientes evaluaciones económicas y financieras el VAN y el TIR sean tomados en cuenta como de alta importancia según lo demostrado en la investigación para la evaluación de la factibilidad de proyectos.
- Se recomienda elaborar un plan de monitoreo y seguimiento de los parámetros establecidos para garantizar su debido funcionamiento.





## VIII. BIBLIOGRAFIA

- A.S., J. (1997). *El bagazo como fibra alternativa*. México.
- Altuve G., J. G. (7 de Julio de 2004). *El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión*. Obtenido de Actualidad Contable Faces: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25700902>> ISSN 1316-8533
- Atchison, J. (1962). *Utilization of Bagasse for Manufacture of Pulp, Paper and Board*. *Indian Pulp and Paper*. Canada.
- Chagolla Farías M. A., H. R. (Diciembre de 2011). *LA IMPORTANCIA DE LA TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMO*. Obtenido de <http://iaidres.org.mx/pdf/revista19.pdf#page=61>
- Chiavenato. (2004). *Introducción a La Teoría General de La Administración*. México.
- Clayton, L. A. (Julio 2018). *W.R Grace & Co. Los Años Formativos*. Lima, Perú: Asociación de Historia Marítima y Naval Iberoamericana.
- D. Guzmán, V. M. (2016 de Enero de 2016). *La Lógica difusa en ingeniería: Principios, aplicaciones y futuro*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/268371053\\_La\\_Logica\\_difusa\\_en\\_ingenieria\\_Principios\\_aplicaciones\\_y\\_futuro](https://www.researchgate.net/publication/268371053_La_Logica_difusa_en_ingenieria_Principios_aplicaciones_y_futuro)
- Endara, K. (23 de 02 de 2008). *Eco Portal*. Obtenido de [www.ecoportall.net](http://www.ecoportall.net)
- Gallas, J. C. (2009). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL USO DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA OBTENCIÓN DE PAPEL DE IMPRESIÓN Y ESCRITURA EN EL PARAGUAY*. Paraguay: Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la Maestría en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel (Orientación Celulosa y Papel).
- Hunter, W. (2001). *Bagasse Pulp Uses in Papermaking*. Canada.
- J., Z. (1977). *Paper From Bagasse. Nonwood Plant Fiber Pulping*.
- Ledesma Martínez, Z. (1997). *Análisis Económico Social de un Proyecto de Inversión*. México.
- Mamdani, E. H. (1974). *Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant*. Academic Press: New York.
- Molina, R. (2002). *Pulpa y papel de bagazo en los umbrales del nuevo siglo*. La Habana, Cuba.
- O., S. (1977). *Succession and Activity of Microorganisms in Stored Bagasse*. *Applied Microbiology and Biotechnology*.
- Paramonga, A. I. (2014). *Agro Industrial Paramonga*. Obtenido de <http://www.agroparamonga.com/#>
- Porter, M. (1986). *Ventaja Competitiva*. México: C.E.C.S.A.



- Rainey, T. (2013). *Effect of depithing on the safety and environmental aspects of bagasse stockpiling. Process Safety and Environmental Protection.*
- Rutiaga Q., A. J. (2002). *Propiedades de resistencia de una pula kraft de pino mezclada con médula de bagazo de caña de azúcar Madera y Bosques.*
- Saavedra, T. O. (1990). *Atlas del bagazo de caña de azúcar.* GEPLA- CEA.
- Sharma R.K., Y. K. (2000). *Preservation: A Need for a Biotechnological Approach. Critical.*
- SICA. (14 de Marzo de 2014). *El azúcar en la comunidad andina. Del Proyecto SICA - Banco Mundial - Ecuador (2006).* Obtenido de <http://www.sica.ec/cadenas/azucar/docs/>
- Sobrero, F. S. (Abril de 2009). *Asociacionag.* Obtenido de Análisis de Viabilidad: La cenicienta en los Proyectos de Inversión :  
<http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco%20-%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf>
- Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics.*
- Turner, S. (1991). *"Appendice. A Short History of Papermaking." Wich Paper?* New York.
- Victoria, G. M. (2010). *Indicadores financieros para la evaluación de proyectos de inversión.*
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy Sets. Information and Control.*