



**ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN
LA LÍNEA DE INSECTICIDA DE LA EMPRESA DOW QUÍMICA CARTAGENA**

Por:

**MAYRON ESPITALETA MEJIA
JUAN LUIS MORALES MALDONADO
LEONARDO RAMOS ORTIZ**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2019



**ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN
LA LÍNEA DE INSECTICIDA DE LA EMPRESA DOW QUÍMICA CARTAGENA**

Por:

**MAYRON ESPITALETA MEJIA
JUAN LUIS MORALES MALDONADO
LEONARDO RAMOS ORTIZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Asesor disciplinar

ANGIE MILENE CÁCERES PRADA

Asesor metodológico

MARÍA MERCEDES SUÁREZ SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2019

ACTA DE CALIFICACION Y APROBACION

Nota de aceptación:

Director de Escuela

Director de Investigaciones

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias, 7 de junio de 2019

Cartagena de Indias, 7 de junio de 2019

Director

OSCAR ANDRES ANGEL ALVAREZ

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad del Sinú

Cordial saludo.

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE INSECTICIDA DE LA EMPRESA DOW QUÍMICA CARTAGENA”, elaborada por los estudiantes MAYRON ESPITALETA MEJIA identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.047.456.840 de Cartagena, JUAN LUIS MORALES MALDONADO identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.047.429.787 de Cartagena, LEONARDO RAMOS ORTIZ identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.353.140 de Cartagena presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial.

Cordialmente,

ANGIE MILENE CÁCERES PRADA

MARÍA MERCEDES SUÁREZ SÁNCHEZ

Director

OSCAR ANDRES ANGEL ALVAREZ

Director de la Escuela de Ingenieria Industrial

Universidad del Sinú

Cordial saludo.

Por medio de la presente se hace entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial titulado “ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE INSECTICIDA DE LA EMPRESA DOW QUÍMICA CARTAGENA”, elaborada por los estudiantes MAYRON ESPITALETA MEJIA identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.047.456.840 de Cartagena, JUAN LUIS MORALES MALDONADO identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.047.429.787 de Cartagena, LEONARDO RAMOS ORTIZ identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.353.140 de Cartagena.

MAYRON ESPITALETA MEJIA

JUAN LUIS MORALES MALDONADO

LEONARDO RAMOS ORTIZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente queremos darle gracias a Dios por brindarnos vida y permitirnos gozar de buena salud, también agradecerle por darnos entendimiento y sabiduría para saber llevar a cabo este proyecto. En segundo lugar a nuestras familias por estar presentes en cada una de las decisiones que hemos tomado y darnos el apoyo económico y emocional. También, queremos agradecer a la Universidad, a los profesores y demás personas que nos brindaron sus conocimientos y habilidades en el desarrollo de este proyecto.

Por último, darle gracias a la empresa por darnos la oportunidad de afianzar nuestros conocimientos y abrirnos las puertas para obtener la información suficiente para alcanzar este logro.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	25
2 JUSTIFICACIÓN	26
3 OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4 MARCO REFERENCIAL	28
4.1 ANTECEDENTES.....	28
4.2 MARCO TEÓRICO	30
4.2.1 Análisis financiero	30
4.2.2 Flujo de caja	31
4.2.3 Valor presente neto (VPN)	31
4.2.4 Tasa interna de rendimiento (TIR).....	32
4.2.5 Análisis beneficio/costo	33
4.2.6 Payback	34
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	35
4.3.1 Eficiencia.....	35
4.3.2 Eficiencia energética	35
4.3.3 Productividad	35
4.3.4 Motor eléctrico.....	35
4.3.5 Variador de velocidad.....	36
4.3.6 Viabilidad económica	36
4.3.7 Costos	36
4.3.8 Egresos	37
4.3.9 Ingresos	37
5 DISEÑO METODOLÓGICO	38

5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
5.2	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	38
6	GENERALIDADES DE LA EMPRESA DOW QUIMICA	40
6.1	UBICACIÓN DE LA EMPRESA	40
6.2	RESEÑA HISTÓRICA.....	41
6.3	FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL	43
6.3.1	Misión.....	44
6.3.2	Visión	44
6.3.3	Pilares Organizacionales.....	44
6.4	PRODUCTOS Y SERVICIOS	44
6.4.1	Productos de la Planta de Agroquímicos	47
6.5	CLIENTES	50
6.6	MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	51
7	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	52
7.1	COSTOS DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA DE INSECTICIDAS 52	
7.2	COSTO DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL HORNO DE VAPOR	55
7.3	REPRESENTACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL HORNO DE VAPOR VS LÍNEA DE INSECTICIDAS.....	60
8	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	63
8.1	VARIADOR DE VELOCIDAD	63
8.2	SELECCIÓN DEL VARIADOR ÓPTIMO Y RECOMENDACIONES	64
8.2.1	Variador de velocidad Schneider Electric modelo ATV312	67
8.3	ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD EN EL MOTOR ELÉCTRICO DEL HORNO DE VAPOR	68
8.4	DIAGRAMA DE FLUJO DE EQUIPOS (HORNO DE VAPOR)	69
8.5	COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	71
8.5.1	Cotización del variador de velocidad y demás componentes.....	71
8.5.2	Cotización de la mano de obra de instalación.....	72
8.6	PORCENTAJE DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE OFRECE UN VARIADOR DE VELOCIDAD	73
9	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	75

9.1	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	75
9.1.1	Situación actual	76
9.1.2	Criterios de decisión	78
9.1.3	Escenarios	78
9.1.4	Análisis de sensibilidad	79
9.1.5	Definición de la (TREMA)	79
9.1.6	Los rubros	79
9.2	RESULTADOS	80
9.2.1	Escenario pesimista	81
9.2.2	Escenario normal	82
9.2.3	Escenario optimista	83
9.2.4	Análisis de sensibilidad	84
9.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	85
10	CONCLUSIONES	87
11	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS	90
	ANEXOS	93

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes	28
Tabla 2. Red de distribuidores	50
Tabla 3. Facturación de consumo eléctrico por líneas y áreas 2018	52
Tabla 4. Facturación de consumo eléctrico en la Línea de Insecticidas 2018	53
Tabla 5. Parámetros nominales del motor eléctrico	56
Tabla 6. Facturación de consumo eléctrico del horno de vapor en el año 2018	58
Tabla 7. Índice de precios al consumidor años 2014 a 2018	76
Tabla 8. Situación actual.....	77
Tabla 9. Casos de éxito en implementación de variadores de velocidad.....	78
Tabla 10. Escenario pesimista	81
Tabla 11. Escenario normal	82
Tabla 12. Escenario optimista.....	83
Tabla 13. Análisis de sensibilidad	84

LISTADO DE FIGURAS

Figuras 1. Nivel de producción por líneas al año	16
Figuras 2. Representación de ventas del producto Lorsban	17
Figuras 3. Proceso de formulación del producto Lorsban	18
Figuras 4. Horno de vapor de la línea de insecticidas	20
Figuras 5. Análisis del problema	22
Figuras 6. Ubicación de la empresa Dow Química Cartagena	41
Figuras 7. Línea de tiempo de la historia de La Compañía Dow Química	42
Figuras 8. Costo del consumo de energía eléctrica de la línea de Insecticidas 2018	54
Figuras 9. Costos del consumo de energía eléctrica del horno de vapor en el año 2018.....	59
Figuras 10. Porcentaje de participación de costos de energía eléctrica entre la línea de insecticidas y el horno de vapor año 2018	60
Figuras 11. Costos del consumo de la energía eléctrica de la línea de insecticidas y el horno de vapor	61
Figuras 12. Modelos de variadores de velocidad.....	64
Figuras 13. Variador de velocidad Schneider Electric modelo ATV312	67
Figuras 14. Esquema general de la instalación de un variador de velocidad	68
Figuras 15. Esquema de instalación típica	69
Figuras 16. Horno de vapor actual.....	70
Figuras 17. Horno de vapor con variador de velocidad.....	70
Figuras 18. Cotización de los dispositivos y componentes	72
Figuras 19. Cotización de la mano de obra	73

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista aplicado en Dow Química Cartagena.....	93
Anexo 2. Lista de chequeo Horno de vapor	94
Anexo 3. Reporte técnico del motor eléctrico del Horno de Vapor.....	95
Anexo 4. Detalle de consumo eléctrico por meses en la Empresa DOW QUIMICA CARTAGENA (2018).	96
Anexo 5. Tarifa residencial año 2018.....	98
Anexo 6. Tarifa residencial año 2019.....	98
Anexo 7. Cargas realizadas en el horno de vapor en el año 2018	99
Anexo 8. Ficha técnica del variador de velocidad ATV312	101

INTRODUCCIÓN

Dada la situación económica del país, así como los grandes cambios tecnológicos y su gran avance de una manera tan rápida, se exige a las empresas, en este caso a DOW QUÍMICA CARTAGENA, una búsqueda inmediata de estrategias encaminadas a la reducción de costos sin afectar su productividad y la calidad de los productos, para que así mantenga su crecimiento y éxito a nivel internacional.

Para la empresa DOW QUÍMICA CARTAGENA, esta estrategia se da a partir de proponer una vinculación de un variador de velocidad en el motor eléctrico, que puede minimizar el consumo de energía eléctrica en la compañía sin necesidad de disminuir la calidad y productividad del proceso de fundición de materia primas en el horno de vapor y en consecuencia disminuir los costos asociados. Para conseguir dichos beneficios la empresa deberá implementar esta propuesta, la cual representara una inversión para la compañía, y cuya viabilidad económica deberá ser analizada.

En la propuesta de la implementación de este equipo se evaluarán los costos y beneficios que obtendrá la compañía basándose en un análisis económico con tres escenarios (pesimista, normal y optimista) los cuales brindarán como resultado la viabilidad de la propuesta en caso de que los resultados en el escenario pesimista sean óptimos.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo energético ha sido un campo de investigación en los últimos tiempos, dado que es una de las variables primordiales en el estudio de los procesos productivos y de las actividades que se realizan en el día a día en las empresas, puesto que permite evaluar la viabilidad técnica y económica del mismo. La energía cada vez se hace más valorada tanto económica como medioambientalmente, por lo que se han implementado formas y métodos para minimizar el consumo de energía sin disminuir la calidad y productividad del proceso denominándolo eficiencia energética.

La eficiencia energética enfrenta una serie de desafíos toda vez que el consumo de energía va de la mano con el crecimiento económico, ejerciendo presión para que se aumenten las capacidades de generación, transmisión y distribución, con el fin de asegurar continuidad en la disponibilidad de energía. Esta situación conduce a implementar políticas para la eficiencia energética y pese a que Colombia cuenta con lineamientos al respecto, hoy en día se han venido materializado estrategias para su desarrollo. ("GRUPO ENERGIA BOGOTA", s.f.)

“A nivel nacional el gobierno ha implementado políticas de gestión energética desde La Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) de Colombia, que es la unidad técnica y administrativa especial encargada del desarrollo sostenible de los sectores de minería y energía del país. Del mismo modo, en las empresas también existen políticas internas que se aplican para cumplir los estándares y directrices internacionales de sostenibilidad. Todo esto ha conllevado un aumento en la competitividad de las compañías que obtienen mayores ganancias al disminuir sus costos y el impacto al medio ambiente, abriendo incluso la posibilidad de un mercado más amplio.” ("BUSINESS NEWS AMERICAS", s.f.)

Es en este punto, donde entra en juego la implementación de proyectos de eficiencia energética en las empresas como una actividad fundamental que permite, entre otras cosas, contribuir a la seguridad energética, aliviar los precios

de los productos, mejorar la competitividad, introducir nuevas tecnologías, reducir las facturas de energía, y por tanto, aumentar las utilidades. Con una adecuada implementación de proyectos de eficiencia, las posibilidades de alcanzar grandes beneficios para las empresas en materia de rentabilidad y ventaja competitiva son considerablemente altas. Es por eso que la empresa Dow Química Cartagena, siguiendo el mismo orden y dirección de las ideas anteriormente expuestas, ha iniciado tareas de medición y control de sus costos de proceso y demás relacionados directamente con el consumo eléctrico.

Dow Química Cartagena, es una empresa dedicada a la producción y venta de productos agroquímicos, se ha dado a conocer mediante su página web como una empresa que ha dado su aporte a la población, brindando soluciones con sus productos para aumentar la productividad y el rendimiento de la plantación teniendo un control específico a plantas dañinas, insectos y enfermedades que afectan los productos agrícolas logrando que estos crezcan en óptimas condiciones para alcanzar la satisfacción del cliente final. Su planta está ubicada en Mamonal km 14, en donde se producen productos herbicidas, insecticidas y fungicidas; desde este punto se cubre el mercado nacional y de exportación a la región andina, Centroamérica y el Caribe. Es evidente entonces, que la empresa acelere y mantenga una implementación continua de proyectos de eficiencia, que le permitan obtener una rentabilidad alta y una demanda satisfecha, aspectos importantes para ponerse a la vanguardia del mercado global.

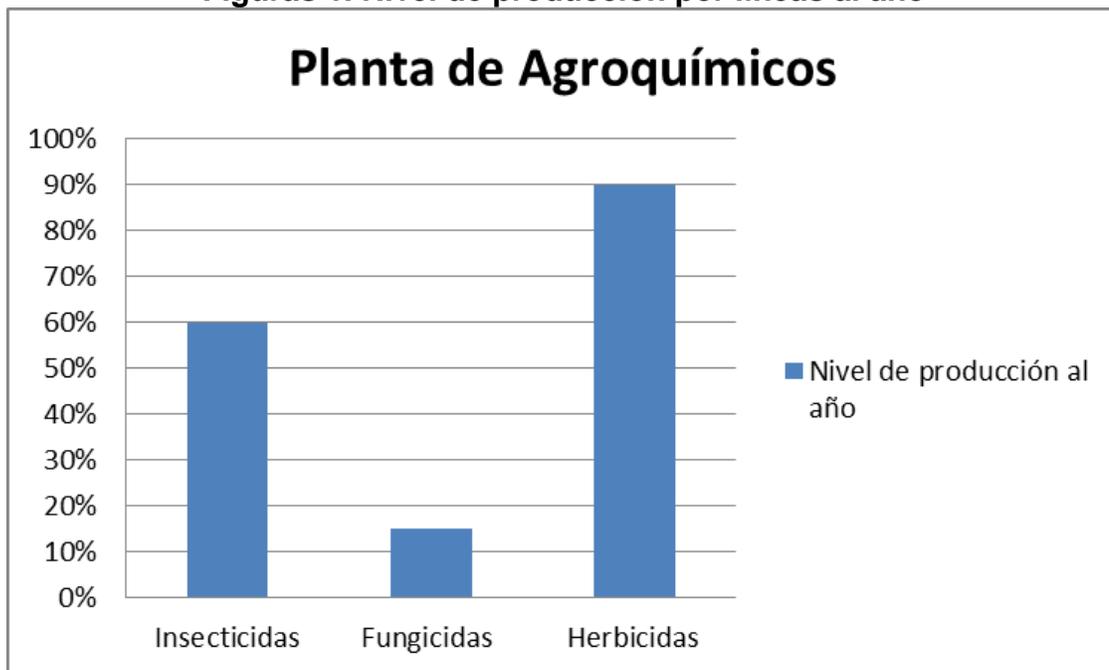
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como resultado de una reciente revisión en la línea de insecticida, adelantada por el personal de mantenimiento (eléctricos, mecánicos e instrumentistas) de la planta de agroquímicos, y en conjunto con la aplicación de entrevistas (ver anexo 1) a operadores de planta de la empresa mediante visitas guiadas en campo, se

ha identificado una problemática en la eficiencia del horno de vapor, que está afectando en el siguiente orden; los niveles de consumo eléctrico, los costos de producción, el precio del producto final y el margen de utilidad de la empresa. Actualmente el horno de vapor presenta en uno de sus componentes (motor eléctrico) una funcionalidad particular, que no está acorde con los criterios y lineamientos de las políticas de eficiencia energética.

En este sentido, el escenario anterior adquiere gran importancia para la empresa, ya que la línea de insecticidas presenta un nivel de producción promedio del 60% al año a diferencia de otras líneas (ver figura 1).

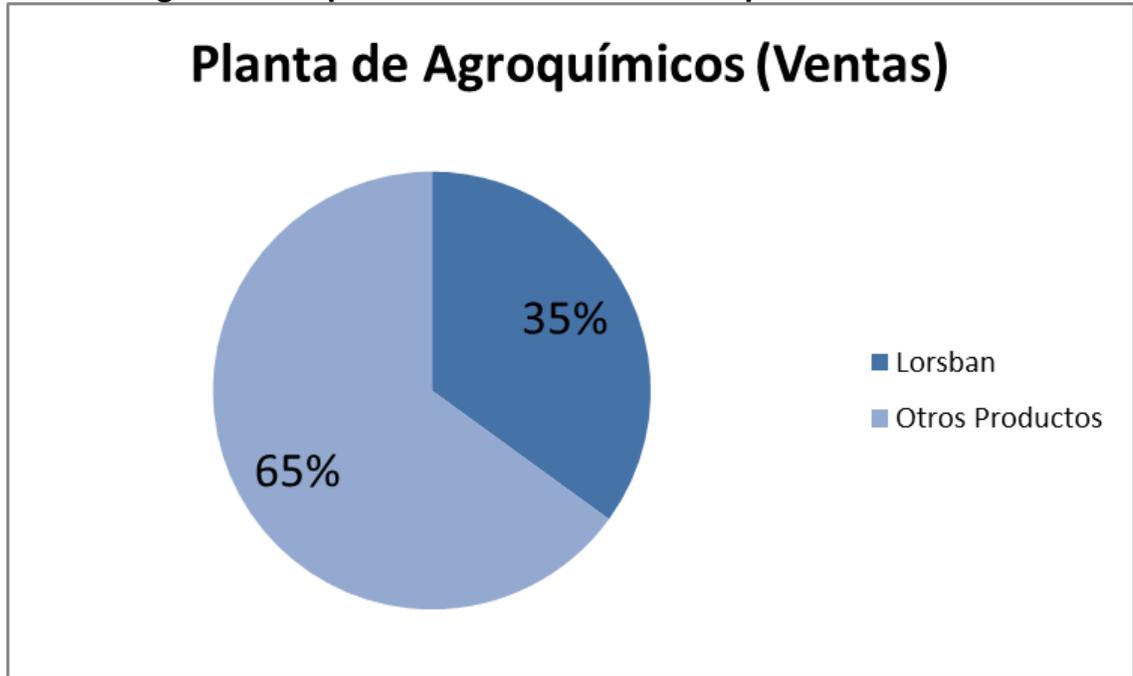
Figuras 1. Nivel de producción por líneas al año



Fuente: elaboración propia, 2019

Además produce un producto estrella llamado LorsbanTM 4 EC el cual es el de mayor producción y representa significativamente el mayor número de ventas nacionales e internacionales de todos los productos, con una cifra del 35% de producción frente a la producción total anual de la empresa (ver figura 2).

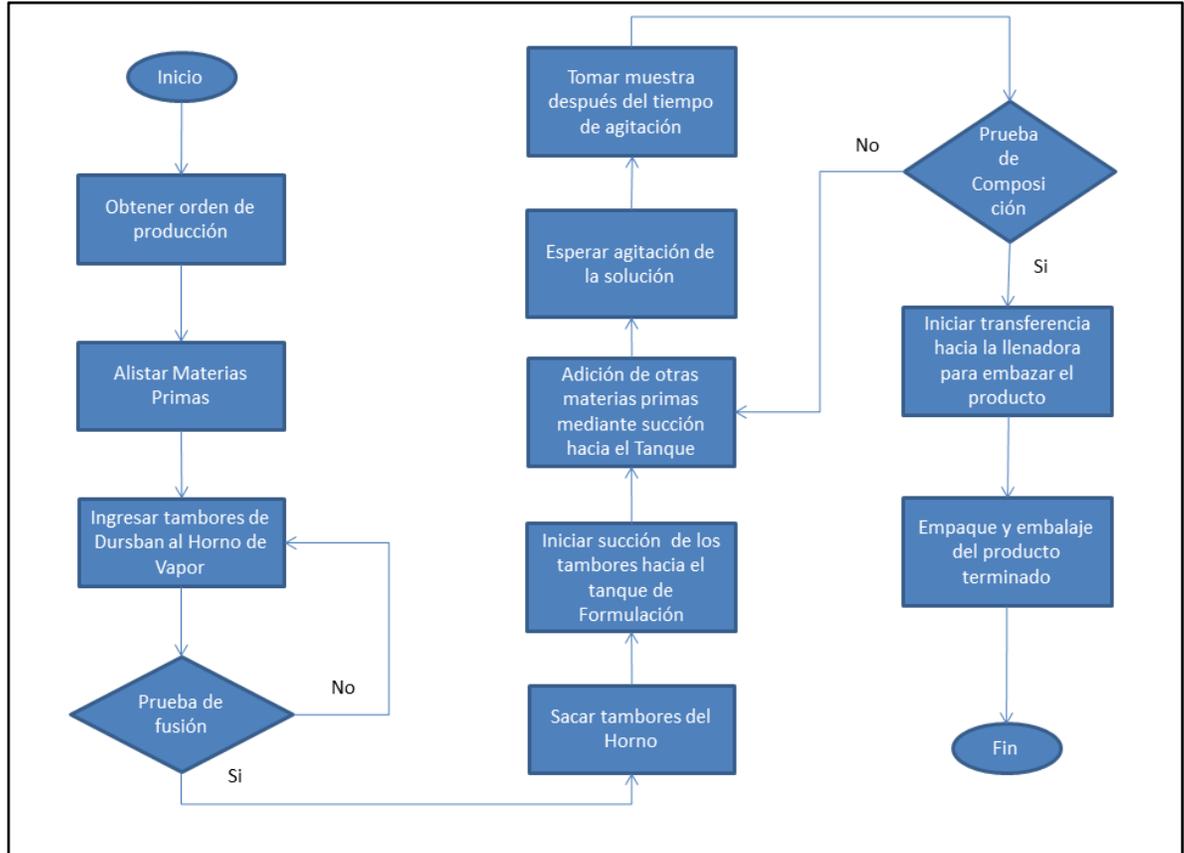
Figuras 2. Representación de ventas del producto Lorsban



Fuente: elaboración propia, 2019

Lo anterior quiere decir que una mejora aplicada en esta línea, específicamente en el horno de vapor, repercutiría positivamente en los resultados dentro del proceso productivo y para la empresa en general. A continuación se relaciona una descripción del proceso productivo del producto LorsbanTM 4 EC (ver figura 3), y también del diseño y funcionalidad del horno de vapor para ilustrar la problemática y el entorno que la rodea y determinar sus posibles impactos a nivel empresarial.

Figuras 3. Proceso de formulación del producto Lorsban



Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con el diagrama de flujo anterior, el proceso consta de las siguientes actividades:

- Obtener órdenes de producción: el proceso inicia con la obtención de la orden de producción para saber que materias primas, aditivos, y cantidades se van a utilizar. Posteriormente pasa a la actividad de alistamiento de MP.
- Alistar Materiales primas: se alistan las materias primas con las cantidades respectivas que indica la receta.
- Ingreso de MP al horno de vapor: se ingresan los tambores de Dursban (materia prima principal en estado sólido) al horno de vapor, seguidamente se espera el tiempo estipulado para la fundición del Dursban, el cual es de 48 horas aproximadamente, para luego pasar a la prueba de fusión.

- Prueba de fusión: se hace una revisión aleatoria de los tambores para verificar el estado líquido de la materia prima, (si en la prueba de fusión no es aprobado el estado líquido del Dursban, éste pasa a durar más tiempo en el horno de vapor).
- Sacar tambores del horno: si pasan la prueba los tambores pueden ser retirados del horno de vapor con la ayuda de un montacargas y continuar la formulación.
- Succión hacia tanque de formulación: Una vez lista en su totalidad la materia prima Dursban contenida en los tambores éstos pasan a ser succionadas y agregadas al tanque de formulación principal.
- Adición de otros ingredientes: aquí se agregan otras sustancias al tanque de formulación donde serán homogenizadas mediante un agitador hasta esperar el tiempo dado por el procedimiento.
- Toma de muestra: en este punto un operador toma una muestra de la mezcla de la solución y la lleva al laboratorio.
- Prueba de composición: aquí la muestra pasa a ser sometida a un control de calidad (prueba de composición), en la cual si no es aprobada el analista químico realizara un ajuste a la receta.
- Transferencia de producto: posteriormente, con la solución ya preparada se procede a transferirlas a las llenadoras, destinadas a envasar el producto en recipientes plásticos de diferentes presentaciones; de 250 ml, 1 litro y 4 litros.
- Empaque y embalaje: Una vez terminado el proceso anterior el producto es empacado y embalado para luego ser almacenado transitoriamente hasta ser distribuido.

Por otro lado, el horno de vapor está compuesto por un recinto o cavidad donde se ubican los materiales a ser fundidos, en este caso vienen siendo los tambores metálicos de Dursban; cabe señalar que esta es la única parte de mayor dimensión del horno, puesto que tiene unas medidas de 4.5 metros de profundidad por 3.5 metros de ancho, y 3 metros de altura, la cual le permite tener una

capacidad de albergar de 36 tambores metálicos de 230 litros aproximados al tiempo. En la siguiente imagen (ver figura 4) se puede observar el horno y su diseño.

Figuras 4. Horno de vapor de la línea de insecticidas



Fuente: elaboración propia, 2018

Así mismo, el horno de vapor cuenta con un motor eléctrico trifásico de 220 voltios, una válvula reguladora de vapor, un par de ductos de entrada y salida de aire caliente, un blower que se encarga de la recirculación del aire caliente dentro del recinto, también una serie de indicadores controladores de procesos, como lo

son; el termostato y el visor de temperatura, y por último, cuenta con los pulsadores ON/OFF.

En cuanto a la funcionalidad, el horno de vapor tiene como única y principal tarea fundir la materia prima (Dursban) contenida en los tambores metálicos, la cual se lleva a cabo primeramente por el ingreso de aire caliente al recinto, el cual es obtenido a través del vapor de una línea de servicio industrial que proviene de la caldera; este aire es adsorbido por un blower (ventilador-soplador) que es accionado por medio de un motor eléctrico, y es descargado hacia la parte inferior del recinto, en donde se produce un intercambio de calor. Dicho calor es transferido a los tambores en donde comienza el proceso de fundición en sí de la materia prima. Seguidamente, el aire que ya perdió densidad por ende empieza a subir y es succionado por el blower y a la vez es recirculado para alcanzar la temperatura deseada de fusión de la materia prima.

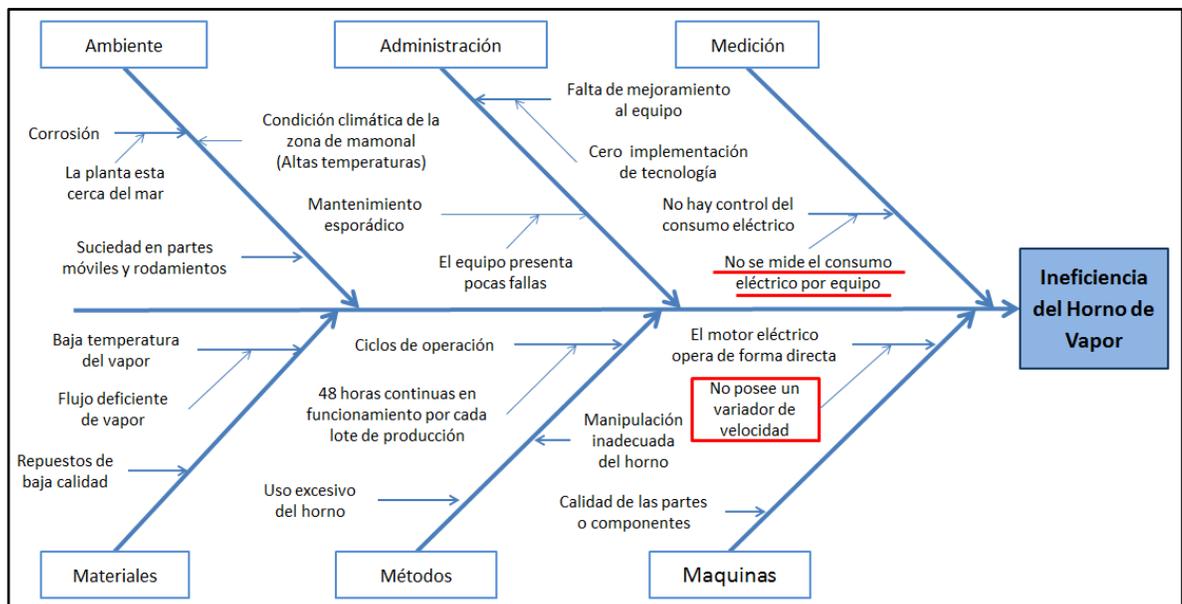
En este punto, es donde cobra relevancia protagónica la funcionalidad del horno de vapor, ya que una vez alcanzada la temperatura de 60 °C de fusión, las válvulas que controlan la entrada de vapor se cierran gracias a la indicación del termostato, pero aun así el blower mantiene recirculando el aire caliente alojado en el recinto, lo que da por entendido que el motor eléctrico también permanece encendido a su máxima capacidad operativa de manera innecesaria la cual es de 1800 RPM (Revoluciones por minuto) a largo de todo el tiempo que demora la fundición de las materias primas, que está estandarizado en 48 horas continuas.

Por todo lo expuesto, se puede concluir que la línea de insecticidas presenta una actividad productiva compleja en vista a que encierra una serie de tareas de proceso y control de las que se pueden identificar en el diagrama de flujo de la figura 3. Nueve de ellas son de proceso y dos de control, para un total de once actividades; sin embargo, la tercera de ellas juega un papel crítico, puesto que marca el punto de partida para que confluyan las demás actividades, porque es allí donde se funden las materias primas en el horno de vapor y según el planteo del párrafo anterior se debe subrayar que este horno en sí presenta deficiencias en

cuanto a su funcionalidad que acarrea primeramente altos consumos eléctricos en la planta de insecticidas y por consiguiente costos de producción elevados para la empresa y demás consecuencias notables.

Los problemas relacionados con el horno de vapor de la línea de insecticidas en la empresa Dow Química Cartagena, están evidenciando muchas consecuencias significativas para la empresa, de las que se enumeran en primer orden los niveles de consumo eléctrico, los costos de producción, el precio del producto final y el margen de utilidad, pero hasta el momento se expone una sola causa o factor asociado al problema, que radica en la funcionalidad del motor eléctrico. Es por esto, que a continuación se establece el uso de una herramienta para la mejora de la calidad (Diagrama de causa – efecto), como un método gráfico para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos o problemas en el horno de vapor (ver figura 5).

Figuras 5. Análisis del problema



Fuente: elaboración propia, 2019

Con el fin de encontrar y analizar esas posibles causas, surgieron seis categorías principales de estudio, en las que se demarco el origen de generación de cada

factor con la posibilidad de efectos de la misma. Cabe señalar que la información utilizada para la realización del diagrama, se derivó mediante la recopilación de reflexiones expuestas por las áreas involucradas durante las visitas guiadas en campo y entrevistas practicadas. A continuación, se describen los resultados:

➤ Medición.

- No hay control del consumo eléctrico: se sabe que la empresa solo registra mediciones del consumo eléctrico en la planta, pero no se mide los niveles de consumo eléctrico por equipos.

➤ Administración.

- Mantenimiento esporádico: debido a que el horno de vapor presenta pocas fallas solo se le hace mantenimiento de manera ocasional sucede de forma intermitente sin periodicidad fija y con largos intervalos.
- Falta de mejoramiento al equipo: debido a que se han acostumbrado al día a día de su funcionalidad y normal uso, se evidencia una cotidianidad en el proceso que trae consigo cero implementación de tecnología para su optimización.

➤ Ambiente.

- Suciedad en partes móviles y rodamientos: como se realizan mantenimientos esporádicos es normal que se evidencie suciedad especialmente en el motor y en el blower, tal y como se describe en las tareas de limpieza realizadas en la lista de chequeo del horno de vapor (ver anexo 2).
- Condición climática de la zona de mamonal: dado a que se registran altas temperaturas por encima de los 33 °C, en algunas partes y componentes del horno se crean fatigas o agotamientos debido al recalentamiento, es por ello que se toman mediciones de temperaturas en el motor eléctrico en funcionamiento; tanto en el lado de carga como en el lado del ventilador (ver anexo 3).

- Corrosión: esto se debe en gran medida a que la planta se ubica cerca del mar y algunas piezas estén más propensas a deteriorarse por acción del proceso de oxidación.
- Máquinas.
 - Calidad de las partes o componentes: se contempla la posibilidad de que algunas partes o componentes no reúnan todas las especificaciones técnicas que se requieren.
 - El motor eléctrico opera de forma directa: esto se debe gracias a que solo posee interruptores de encendido y apagado y no posee un variador de velocidad, lo cual da como resultado una sola velocidad constante de funcionamiento la cual se mantiene a lo largo del proceso de fundición de materias primas y a la vez genera picos altos de consumos eléctricos al encenderlo.
- Métodos:
 - Manipulación inadecuada del horno: se contempla a manera de hipótesis.
 - Ciclos de operación: este factor se da gracias a que el horno de vapor permanece en operación 48 horas continuas en cada lote de producción.
 - Uso excesivo del horno: en esta causa juega un papel importante el nivel de producción de la línea de insecticidas, en vista a que depende 100% del proceso que se da en el horno de vapor para fundir las materias primas.
- Materiales.
 - Repuestos de baja calidad: se contempla a manera de hipótesis.
 - Baja temperatura del vapor: esta causa puede darse en ocasiones en vista a que el horno depende del flujo de vapor de la línea de servicios industriales de la caldera. Y este flujo en algunos casos puede no ser suficiente para alcanzar la temperatura necesaria.

Por último, a manera de resumen final y teniendo en cuenta las consideraciones del estudio y resultado del análisis de causa realizado en relación a la problemática de la ineficiencia del horno de vapor, se llega a la conclusión que este problema posee dos causas raíces; la primera es que el motor eléctrico opera de forma directa (ON/OFF), y no posee un variador de velocidad., y la última causa, es que no hay un control del consumo eléctrico por equipo, lo cual saca a colación la célebre frase del físico y matemático británico, William Kelvin (1824 – 1907) que dice: “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”.

Basados en la información anterior se plantea la siguiente inquietud.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles serían los beneficios al implementar una propuesta de mejora en el problema de ineficiencia del horno de vapor de la línea de producción de productos insecticidas en la empresa Dow Química Cartagena?

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio se lleva a cabo en la empresa Dow Química Cartagena ubicada en el km 14 vía Mamonal, en la línea de insecticidas de la planta de agroquímicos, específicamente en el horno de vapor.

2 JUSTIFICACIÓN

Con la realización de este proyecto investigativo se puede dar a conocer el consumo de energía eléctrica del horno de vapor en la actualidad y como sería dicho consumo en un futuro con la implementación del variador de velocidad al motor eléctrico, para que así, la empresa tenga un mayor ahorro energético en la línea de insecticidas y pueda cumplir sus objetivos satisfactoriamente. En este caso se pueden hacer mejoras en la línea de insecticidas de DOW QUÍMICA CARTAGENA, posibilitando un escenario en el que se reduzcan los costos de producción, así como también se contribuya a la mejora en el consumo de energía con la vinculación del variador de velocidad al motor eléctrico del horno de vapor, permitiendo a la compañía ser mucho más eficiente y productiva. También beneficiará a la empresa con un ahorro anual, si se reduce significativamente el consumo que genera dicho motor eléctrico, ahorro que se puede utilizar para otro tipo de trabajos como la implementación de nuevos equipos que le den a la compañía mayor productividad y estabilidad en el ámbito empresarial e industrial.

De igual manera, con la realización de este proyecto es posible encontrar beneficios derivados de fortalecer el compromiso con el medio ambiente para que todos los procesos que hacen parte de los contextos industriales estén fundamentados en la reducción de la contaminación, el consumo innecesario de energía, la eliminación de desechos tóxicos, entre otros.

Así mismo, este trabajo investigativo se constituirá en una fuente bibliográfica para todos aquellos estudiantes de la Universidad del Sinú, en el programa de Ingeniería Industrial, puedan indagar y conocer en torno a la viabilidad económica de las mejoras productivas, con el propósito de lograr no solo soportes teóricos, sino también conocimientos para todas aquellas nuevas interpretaciones futuras que se quieran encaminar por este tipo de temas investigativos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis de viabilidad económica de la propuesta de mejora en el horno de vapor de la línea de insecticidas de Dow Química Cartagena, mediante indicadores de bondad financiera.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el consumo y costo de energía eléctrica actual de la línea de insecticidas de Dow Química Cartagena, mediante la recopilación, ordenamiento y análisis de datos históricos de la misma.
- Presentar la propuesta de mejora, mediante información detallada de las características técnicas del variador de velocidad que requiere el horno de vapor para su eficiente desempeño.
- Evaluar financieramente la propuesta de mejora, mediante indicadores de bondad económica, con el fin de establecer el impacto que tendrá sobre las utilidades de la empresa.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

En la siguiente tabla se exponen los trabajos que guardan relación con el estudio del problema planteado y que sirven de guía para la comprensión y desarrollo de la propuesta de mejora que se desea brindar (ver tabla 1).

Tabla 1. Antecedentes

Autor -año	Título	Problema	Herramienta de solución
Arrellano Batista Olger, 2015. (ARRELLANO, 2015)	Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico el hospital iess.	Mayor consumo en el sector de iluminación con un 57.14%.	Para mejorar la eficiencia del sistema se toma como mejor opción el reemplazo de la mayoría de las iluminarias.
Talla Chicoma Elisa, 2015. (TALLA, 2015)	Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa.	En la actualidad la planta tiene un consumo de energía eléctrica muy elevado, lo cual representa tener un indicador de 8.4 KWH/HI de cerveza envasado.	Reducción del índice de consumo de energía eléctrica en KW-H/ HI de cerveza envasado en un periodo mensual, para lo cual se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto de ahorro de energía utilizando la herramienta de mejora continua PDCA.

Carlos Alberto Bolaños, 2014 (BOLAÑOS, 2014)	Optimización de variables energéticas en función de la productividad y competitividad de la industria láctea y caracterización energética y tecnológica del sector	Los impactos y las recomendaciones que giran en torno a las pérdidas y actividades operacionales del proceso de transformación de la materia prima —la lechell.	Los indicadores de productividad y competitividad que sirven como herramienta para realizar ajustes operacionales y determinar pérdidas dentro del proceso de transformación de la leche.
Natalia Martínez Morales y Laura Lisseth Mendoza Machado, 2011 (MARTÍNEZ, MORALES NATALIA, & LISSETH, 2011)	Propuesta de mejoramiento en la gestión de operaciones de la empresa DACETEX LTDA. Para el aumento de su capacidad instalada	Falta de planeación en la gestión de operaciones.	Elaborar propuestas de mejoramiento para promover la eficiencia en la gestión de operaciones a través de la cadena de valor.
Eliana María González Neira, 2004. (GONZÁLEZ, 2004)	Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa SERVIOPTICA LTDA.	Pérdidas de tiempo en la producción de productos y bajo nivel de servicio al cliente.	Diseñar el proceso de planeación de la producción y los materiales, para que permita una ejecución eficiente de las órdenes de los clientes.

Fuente: elaboración propia, 2019

4.2 MARCO TEÓRICO

Para dar soporte al desarrollo de la investigación y brindar solución al problema planteado se recopilan las siguientes teorías:

4.2.1 Análisis financiero

El análisis financiero es una evaluación de la empresa utilizando los datos arrojados de los estados financieros con datos históricos para la planeación a corto y a largo plazo.

Con la ayuda de esta evaluación, podemos saber cuáles son los puntos débiles como fuertes de la compañía, pudiendo así corregir las fallas que existen y aprovechar las fortalezas que posee.

El objetivo de los administradores al realizar el análisis financiero es darle mayor valor a las inversiones que hicieron los accionistas en la empresa.

El análisis financiero implica:

- Comparar el desempeño con empresas de su mismo giro y en el mismo periodo.
- Evaluar las tendencias que ha tenido la empresa con respecto al pasado.

Existen diferentes usuarios de la información que arroja este análisis y uno de ellos son los siguientes:

- Los Administradores: que lo necesitan en la toma de decisiones.
- Los Inversionistas: para conocer el estado de su inversión y saber si ha maximizado.
- Los Acreedores: para analizar la capacidad de pago de la empresa para obligaciones futuras.

Algunos autores mencionan que el análisis financiero se compone de tres áreas:

- El Análisis de rentabilidad: es el resultado que han tenido los inversionistas de sus aportaciones de capital a la empresa por medio de ganancias o pérdidas.
- Análisis de riesgo: es la evaluación de la capacidad de la empresa que tiene para poder pagar sus deudas.
- Análisis de las fuentes y utilización de fondos: es donde se analiza el origen y la aplicación de los fondos originados en la empresa. (UNID, 2019)

4.2.2 Flujo de caja

Un factor de mucha relevancia en la confección correcta de un flujo de caja es la determinación del horizonte de evaluación que, en una situación ideal, debería ser igual a la vida útil real del proyecto, del activo o del sistema que origina el estudio. De esta forma, la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del periodo involucrado.

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un periodo, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir. Si el proyecto se evaluara en un horizonte de tiempo de 10 años, por ejemplo, se deberá construir un flujo de caja con 11 columnas, una para cada año de funcionamiento y otra, la columna 0, para reflejar todos los desembolsos previos a la puesta en marcha. El calendario de egresos previos a la puesta en marcha corresponde a los presupuestos de todos los desembolsos que se efectúan antes del inicio de la operación que se espera realizar con la implementación del proyecto. (SAPAG N. C., 2011)

4.2.3 Valor presente neto (VPN)

Significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se expresan cantidades del futuro en el presente, como en el cálculo del VPN, se dice que se utiliza una tasa de descuento; por ello, a los flujos de efectivo ya trasladados al presente se les llama flujos descontados. El VPN, tal como se calcula, simplemente indica si el inversionista ha ganado aproximadamente el porcentaje de ganancia que él mismo fija como mínimo aceptable.

$$VPN = P + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Dónde:

FNE= flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n.

P= inversión inicial en el año cero.

i= tasa de referencia que corresponde a la TMAR

Si $VPN > 0$, es conveniente aceptar la inversión, ya que se generaría más del rendimiento solicitado.

Si $VPN < 0$, se debe rechazar la inversión porque no se ganaría el rendimiento mínimo solicitado. (BACA, 2010)

4.2.4 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial.

$$P = \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \frac{FNE}{(1+i)^3} + \frac{FNE}{(1+i)^4} + \frac{FNE}{(1+i)^5}$$

Aunque esta definición es un despeje de p , lo que establece es que la tasa de ganancia que genera la inversión es aquella que iguala, a su valor equivalente, las sumas de las ganancias de la inversión que les dio origen.

TIR es la tasa de descuento que hace el $VPN = 0$

$$VPN = 0 - P + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \frac{FNE}{(1+i)^3} + \frac{FNE}{(1+i)^4} + \frac{FNE}{(1+i)^5}$$

Al igualar el VPN a cero, la única incógnita que queda es i . Esta tasa se obtiene por iteración o de manera gráfica.

Si $TIR \geq TMAR$ es recomendable aceptar la inversión.

Si $TIR \leq TMAR$ es preciso rechazar la inversión. (BACA, 2010)

4.2.5 Análisis beneficio/costo

Se considera el método de análisis fundamental para proyectos. El análisis B/C se creó para asignar mayor objetividad a la economía, como una respuesta del congreso de estados unidos que aprobó el acta de control de inundaciones de 1963. Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamental es el mismo. Todos los cálculos de costos y beneficios deberán convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común (VP, VA O VF) a la tasa de descuento (tasa de interés). La razón convencional B/C se calcula de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{VP \text{ de beneficios}}{VP \text{ de costos}} = \frac{VA \text{ de beneficios}}{VA \text{ de costos}} = \frac{VF \text{ de beneficios}}{VF \text{ de costos}}$$

Las equivalencias para valor presente y valor anual se utilizan más que las del valor futuro. La convención de signos para el análisis B/C consiste en signos positivos; así, los costos irán precedidos por un signo +. Cuando se calculan los valores de salvamento, se deducen de los costos.

Si $B/C \geq 1.0$, se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada.

Si $B/C \leq 1.0$, el proyecto no es económicamente aceptable. (BLANK & TARQUIN, 2006)

4.2.6 Payback

Consiste en calcular el número de años o periodos necesarios para que los flujos netos de caja permitan recuperar el desembolso inicial. Para ello, se van acumulando los flujos netos de caja hasta que su suma coincida con el desembolso inicial. Así:

- Cuando los flujos netos de caja en cada periodo son constantes ($Q_1=Q_1 = \dots=Q_1=Q$) el cálculo se hace de la siguiente forma:

Plazo de recuperación= A / Q

- Cuando los flujos de caja no son constantes, que es lo más habitual, hay que ir acumulando la cuantía de dichos flujos en el tiempo hasta que la suma sea igual a dicho desembolso inicial:

$$\sum_{t=1}^p Q_t = A$$

Según este criterio, será factible aquel proyecto cuyo payback no supere un determinado horizonte temporal o sin límite temporal. Permitirá priorizar entre proyectos, siendo preferibles aquellos con un menor plazo de recuperación ya que de esta manera se recuperara antes la inversión inicial.

Aunque es un método muy sencillo de calcular y muy utilizado en la práctica, tiene ciertas limitaciones, por lo que se recomienda su uso de forma complementaria a otro método dinámico que sí indique la mayor o menor creación de valor de ese proyecto de inversión. (MONTORO, MARTIN, & DIEZ, 2014)

4.3 MARCO CONCEPTUAL

A continuación se presentan los conceptos de mayor relevancia en el desarrollo del estudio.

4.3.1 Eficiencia

La eficiencia es el logro de los fines con el mínimo de recursos (KOONTZ, WEIHRICH, & CANNICE, 2012).

4.3.2 Eficiencia energética

Se puede definir eficiencia energética de un equipo o sistema energético como el cociente entre los flujos energéticos útiles y deseables producidos y los flujos consumidos (HORTA, 2010, pág. 15)

4.3.3 Productividad

La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de recursos aportados y la cantidad producida de bienes y servicios (MERCADER, 2014, pág. 18).

4.3.4 Motor eléctrico

Es un tipo de motor de corriente alterna. Todos los motores de inducción están formados por un rotor y un estator. El rotor puede ser de dos tipos, jaula de ardilla o bobinado, y en el estator se encuentran las bobinas inductoras. Su principio de funcionamiento está basado en la inducción electromagnética y fue diseñado por el ingeniero Nikola Tesla.

El funcionamiento de éste tipo de motores está basado en la interacción del rotor y el estator por medio de la inducción electromagnética. Se le aplica una corriente

alterna trifásica a las bobinas inductoras del estator y se produce un campo magnético conocido como campo rotante, a la frecuencia de la corriente alterna que alimenta al motor. Este campo induce corrientes en el rotor, que a su vez producirá un campo magnético giratorio a la velocidad síncrona con respecto al estator. A consecuencia, y por el principio de inducción mutua, se produce un par motor que hace que el rotor gire. (PIÑERO, 2015)

4.3.5 Variador de velocidad

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el torque de los motores asincrónicos convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de aplicación sean; de dominio de torque y la velocidad, de regulación sin golpes mecánicos, de movimientos complejos, y mecánica delicada. (RUIZ & CRIOLLO, 2007, pág. 57)

El objetivo principal de un variador de velocidad es la reducción de velocidad de un motor de corriente alterna. De esta forma, el variador permite a las máquinas conducidas por motores eléctricos producir la misma salida que obtendrían utilizando otros métodos de regulación de flujo, pero consumiendo menos potencia de entrada. (MANTILLA & CARDONA, s.f.)

4.3.6 Viabilidad económica

Busca definir, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, si es rentable la inversión que demanda su implementación. (SAPAG N. C., 2011)

4.3.7 Costos

El termino costo tiene muchas acepciones distintas, dependiendo del tipo de decisión que se quiera tomar, aunque la definición más adecuada para análisis de inversiones es la que lo considera como la reducción en dinero que implica comprometer este recurso para una opción particular de negocio, antes de calcular el beneficio que ella reporta. En este sentido, el concepto de costo involucra la totalidad de egresos ocasionados por una alternativa, ya sea que se derive de una inversión, un gasto de operación o un costo de oportunidad. (SAPAG C. N., 2007)

4.3.8 Egresos

Gastos o egresos es el descenso de un activo por uso o consumo, sin que se produzca como contrapartida el aumento de otro activo, lo que supone una disminución del patrimonio neto de la empresa.

De la definición anterior se deduce que el gasto es un concepto relativo a consumos derivados de contraprestaciones. De acuerdo con este otro aspecto, se puede definir como:

Gasto es el valor de los bienes y servicios recibidos y consumidos por la empresa en un periodo económico, con independencia del momento del pago.

Es decir, que el gasto se origina cuando se produce la corriente real de los bienes o servicios y no con la corriente financiera de los pagos. (FULLANA & PAREDES, 2008)

4.3.9 Ingresos

Son incrementos del patrimonio neto, distintos de las aportaciones de fondos a la entidad por parte de los propietarios, como consecuencia de las actividades económicas de ventas de bienes o prestación de servicios o como consecuencia de las variaciones en el valor de activos y pasivos que deben reconocerse contablemente. (ALCARRIA, 2009)

5 DISEÑO METODOLÓGICO

En este apartado se expone el procedimiento general que permitirá alcanzar los objetivos planteados mediante métodos y técnicas destacadas en materia de análisis de resultados, que se fundamentan en una serie de cálculos a partir de la recolección de los datos necesarios, para una posterior presentación de informes de viabilidad económica de la propuesta de mejora.

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se aborda es descriptiva con un enfoque cuantitativo, ya que se busca evidenciar la situación actual o evento concreto del problema, de una manera precisa, de tal forma que permita generar y cuantificar la información obtenida para crear análisis, también es de tipo propositiva por lo que permite lograr establecer planes de mejora.

5.2 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para dar respuesta a los objetivos planteados se proponen las siguientes técnicas de recolección de datos, de acuerdo a cada objetivo específico definido:

- Para el objetivo específico 1, se realizarán visitas guiadas en campo en la empresa, las cuales permitirán recoger la información del estado actual de la planta de agroquímicos, para la identificación de indicadores actuales de costos de consumo de energía eléctrica en la línea de insecticida.
- En cuanto al objetivo específico 2, se obtendrá la información necesaria para promover la propuesta de mejora, a través de investigaciones sobre características y beneficios de variadores de velocidad, y cotizaciones que permitirán determinar su costo de implementación.

- Por último, para el objetivo 3, se obtuvo parte de la información mediante la recolección de datos en páginas web sobre análisis de estados financieros de la empresa y de los resultados obtenidos de los objetivos específicos 1 y 2.

6 GENERALIDADES DE LA EMPRESA DOW QUIMICA

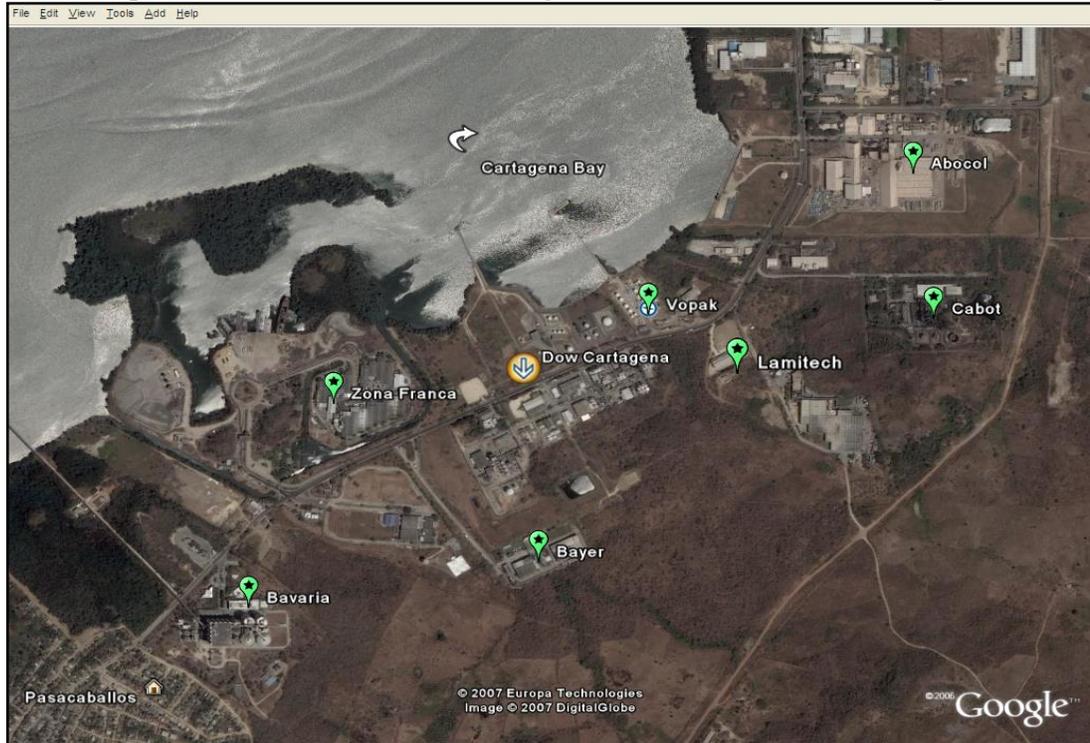
En esta sección se describen algunos aspectos generales sobre la empresa objeto de estudio, tales como: ubicación, historia, filosofía organizacional, productos, clientes, entre otros.

6.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Dow maneja 188 zonas de elaboración en 35 países a nivel mundial, Dow en América Latina está dividida en cuatro regiones: Brasil; Sus oficinas principales están en São Paulo. Región Sur; compuesta por: Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay y Bolivia. Sus oficinas principales están en Buenos Aires. Región Norte; compuesta por: México, Centro América y el Caribe. Sus oficinas principales están en México D.F. Región Andina; compuesta por: Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela. Sus oficinas principales están en Bogotá D.C.

En Colombia Dow tiene presencia desde hace más de 54 años. Cuenta con oficinas comerciales en Bogotá y dos plantas de manufactura en el país, que están ubicadas en barranquilla y la sede principal que está situada en la ciudad de Cartagena de Indias, Bolívar; en el km 14 vía mamonal, tal como se muestra en la siguiente imagen (ver figura 6). ("DOW COLOMBIA", 1995)

Figuras 6. Ubicación de la empresa Dow Química Cartagena

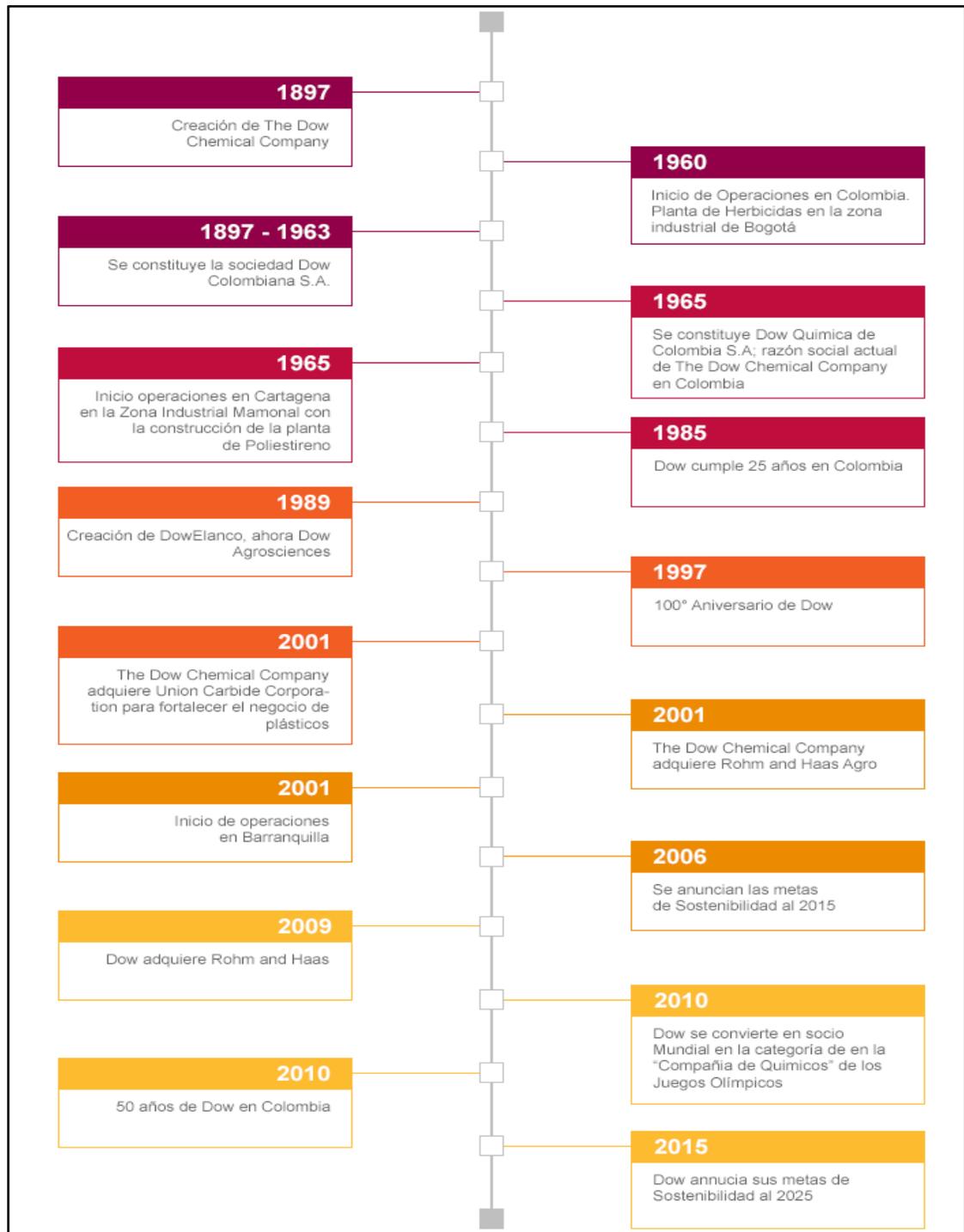


Fuente: google maps, 2018

6.2 RESEÑA HISTÓRICA

Dow Química Colombia S.A., abrió su sede en el año 1965, en la ciudad de Cartagena de Indias, Bolívar. Inicó operaciones en la Zona Industrial de Mamonal con la construcción de la Planta de Poliestireno. A continuación se evidencia el inicio y desarrollo de la Compañía mediante una línea de tiempo (ver figura 7).

Figuras 7. Línea de tiempo de la historia de La Compañía Dow Química



Fuente: Dow Colombia, 2018

The Dow Chemical Company (Dow) combina conocimiento científico y tecnológico para desarrollar soluciones científicas para materiales de primera calidad que son esenciales para el progreso de la humanidad. Dow tiene uno de los conjuntos de herramientas más sólidos y amplios de la industria, con tecnología robusta, integración de activos, capacidades competitivas y a escala que le permiten abordar problemas globales complejos. La cartera orientada al mercado y líder en la industria de negocios de materiales avanzados, productos industriales intermedios y plásticos de Dow, proporciona una amplia gama de productos y soluciones basados en tecnologías diferenciadas para los clientes de mercados de alto crecimiento, como empaques, infraestructura y cuidado del consumidor. Dow es una subsidiaria de DowDuPont (NYSE: DWDP), una sociedad tenedora compuesta por Dow y DuPont que tiene como objetivo formar tres compañías sólidas, independientes y con cotización en bolsa en los sectores de agricultura, ciencia de materiales y especialidades. ("DOW COLOMBIA", 1995)

6.3 FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL

Dow se ha guiado por unos sólidos principios y valores que han marcado su rumbo. La pasión por la innovación y la ciencia inspira e impulsa el crecimiento de Dow en Colombia. Estando siempre presentes en la vida cotidiana de los colombianos desde hace más de 50 años, acompañando a los clientes a crear las mejores soluciones para el hogar, la alimentación y el desarrollo del país. La Compañía apuesta por ser un catalizador de oportunidades, a través de la química y la ciencia de los materiales, establecidos en su Misión, Visión, Valores y Estrategia Corporativa, como reflejo de quién es, qué hace y cómo lo hace. ("DOW COLOMBIA", 1995)

6.3.1 Misión

Nos dedicamos con pasión a innovar en aquello que es esencial para el progreso humano, aportando soluciones sostenibles. ("DOW COLOMBIA", 1995)

6.3.2 Visión

Ser la empresa química basada y orientada en la ciencia más rentable y respetada del mundo. ("DOW COLOMBIA", 1995)

6.3.3 Pilares Organizacionales

Ser muy eficaces en todos los procesos productivos y organizacionales, contar con un equipo comprometido, íntegro y respeto mutuo entre las personas, velando siempre por la seguridad y la protección del medio ambiente. ("DOW COLOMBIA", 1995)

6.4 PRODUCTOS Y SERVICIOS

Dow combina química, biología y física para ofrecer productos y soluciones innovadoras y sostenibles que generan valor para sus clientes y consumidores finales en todo el mundo. A continuación se listan la serie de mercados hacia los que están enfocados sus productos:

- **Dow en el Mercado de Agricultura**

Las innovaciones de Dow en el mercado de productos agrícolas están descubriendo, desarrollando y ofreciendo soluciones sostenibles para un mundo en continuo crecimiento, con el compromiso de ayudar a los

agricultores a aumentar la productividad de sus plantaciones por medio de un mayor rendimiento, mejores variedades y el control específico de plantas dañinas, insectos y enfermedades. Dichos productos y servicios son una respuesta a la necesidad de impulsar la productividad agrícola preservando, al mismo tiempo, el medio ambiente.

➤ Dow en el Sector Automotriz

Dow ofrece soluciones que contribuyen a hacer automóviles más seguros, livianos y eficientes.

➤ Dow en el Sector de Construcción Civil

Las modernas estructuras de hoy deben ser energéticamente eficientes, seguras, durables y estéticamente atractivas. Estos requisitos simultáneos exigen tecnologías e innovaciones diferenciadas. En Dow, se conoce que las soluciones para estos desafíos pueden venir de cualquier lugar. Es por eso que Dow va más allá de los conceptos de la construcción civil tradicional para ofrecer ideas inspiradoras para proyectos de todos los tipos. Desde casas modestas a rascacielos monumentales, Dow desarrolla soluciones que ayudan a aislar, proteger y mejorar estructuras.

➤ Dow en los Mercados de Consumo

Dow desempeña un papel fundamental en el desarrollo de soluciones para toda la familia para los mercados de cuidados del hogar, cuidado personal, alimentos y para la industria farmacéutica, que abarcan desde medicamentos, jabones, lociones corporales y protectores solares hasta jabones en polvo, detergentes para máquinas de lavar, suelas de calzados deportivos y muchos otros productos esenciales de nuestro día a día, especialmente desarrollados para quien busca más confort y un estilo de vida más saludable.

Todas estas soluciones son desarrolladas con la más alta tecnología y formulaciones exclusivas que crean y optimizan los mejores productos y soluciones que satisfacen las necesidades del mercado de consumo. Además, Dow genera valor al posibilitar que sus clientes desarrollen productos innovadores, sostenibles y diferenciados que mejoran la experiencia de sus consumidores.

➤ Dow en el Sector de Empaques

Dow tiene una amplia cartera de soluciones de empaques que responden a las necesidades globales de toda la cadena de valor del mercado para que los alimentos lleguen más frescos del campo a su mesa. La cartera de resinas, películas y adhesivos de Dow es la más grande de la industria, ofreciendo tecnologías más sostenibles y eficientes en términos de costos, ayudando a satisfacer las necesidades de los consumidores de todo el mundo.

➤ Dow en el Sector de Energía y Agua

Las innovaciones que se adelantan en Dow contribuyen al cuidado de los recursos naturales con la más alta tecnología y eficiencia. A medida que la población mundial crece y nuevas economías surgen, la sociedad demanda soluciones innovadoras para que sus necesidades más básicas, como agua y energía, sean atendidas con calidad. Dow es líder en el desarrollo de soluciones que cuidan estos recursos. Con laboratorios que cuentan con la más alta tecnología, y científicos expertos en el tema están ayudando a que el agua sea más segura y accesible.

El mercado de Energía y Agua ofrece tecnologías avanzadas para explorar los recursos de petróleo y gas que ayudan a impulsar la producción de nuevas fuentes convencionales y no convencionales de energía.

➤ Dow en los Mercados de Infraestructura

Las tecnologías de Dow ayudan a mejorar la calidad de carreteras, puentes, edificios y megaestructuras, además de la red energética que iluminan las casas y conectan al internet.

Con la mayor y más amplia oferta global de materias primas en todas las categorías, Dow invierte en el área de Investigación y Desarrollo, garantizando la construcción de infraestructuras sostenibles, durables, confiables y resistentes.

➤ **Dow en los Mercados de Soluciones Industriales**

Dow ayuda en la fabricación de productos ampliamente utilizados por las industrias en el mundo – además de prestar servicios – con soluciones que:

- Minimizan la fricción y el calor en procesos mecánicos
- Tratan la interfase de petróleo y agua
- Ofrecen ingredientes activos para maximizar la eficacia
- Promueven disolvencia
- Permiten la autenticación de los productos

Dow también desarrolla soluciones innovadoras para el uso sostenible de solventes en aplicaciones de limpieza de metales de alta calidad y aplicaciones de limpieza a seco. Asimismo, desarrolla ingredientes para productos de limpieza utilizados en ambientes institucionales.

Por último, estas innovaciones de Dow también fueron ampliadas para atender al sector farmacéutico con soluciones que ayudan en la fabricación de medicamentos.

6.4.1 Productos de la Planta de Agroquímicos

A continuación se describen los productos que Dow Química Cartagena, brinda desde su planta de agroquímicos.

Los principales productos son:

- **Arbuskip™ 101 SL:** es un herbicida recomendado para controlar malezas de hojas anchas herbáceas y arbustivas que crecen en potreros y cultivos de arroz.
- **Bengala™ 25 OD:** es un herbicida pre-emergente selectivo al cultivo de arroz, recomendado para el control de Echinochloa colona y las principales malezas de hoja ancha y ciperácea.
- **Closer™ 240 SC:** es un novedoso insecticida, con un modo de acción único, formulado como una suspensión concentrada para el control de plagas chupadoras en los diferentes cultivos en los que es recomendado.
- **Combo™:** es un herbicida selectivo y sistémico recomendado para controlar malezas de hoja ancha leñosas, semileñosas y herbáceas que crecen en potreros y para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de arroz.
- **Cranstan™ Spectrum:** es un herbicida sistémico para aplicación post-emergente temprana, efectivo para el control de las principales malezas gramíneas, hojas anchas y algunas ciperáceas presentes en el cultivo de arroz, brindando una adecuada selectividad.
- **Estelar™ 1280 SL:** es un herbicida que contiene sal dimetilamina (DMA), post-emergente no selectivo, de acción sistémica, recomendado para el control de la mayoría de las malezas anuales y perennes tanto gramíneas como ciperáceas y de hoja ancha.
- **Esteron™ 47 EC:** es un herbicida recomendado para controlar malezas de hoja ancha que crecen en potreros y cultivos de arroz, cebada, trigo, avena, maíz y sorgo.
- **Exalt™ 60 SC:** es un insecticida que actúa sobre el sistema nervioso central de los insectos plagas generándoles excitación generalizada, parálisis, postración y muerte de una manera rápida y eficiente.

- **Latigo™ EC:** es un insecticida de amplio espectro, formulado como Concentrado Emulsionable con un poderoso efecto de derribe en un amplio espectro de plagas que afectan los cultivos en los cuales es recomendado.
- **Lorsban™ 4 EC:** es un insecticida de amplio espectro, formulado como Concentrado Emulsionable con un poderoso efecto de derribe y residual en un amplio espectro de plagas que afectan los cultivos en los cuales es recomendado.
- **Nurelle™ 250 EC:** es un Insecticida del grupo de los Piretroides, de amplio espectro de acción que viene formulado como Concentrado Emulsionable para el control de una amplia gama de plagas en diferentes cultivos.
- **Silex™ 75 WG:** es un insecticida de amplio espectro, formulado como Gránulos Dispersables con un poderoso efecto de derribe y residual en un amplio espectro de plagas que afectan los cultivos en los cuales es recomendado.
- **Strike™ 250 EC:** es un fungicida foliar, sistémico y residual de amplio espectro, para el control de enfermedades en los cultivos de Banano, Arroz y Café.
- **TordonXT™:** es un herbicida selectivo para el control de malezas de hoja ancha en potreros, que generación tras generación ha demostrado su poder y eficacia.
- **Tronador™D:** es un Amina de alta tecnología desarrollada para el control de malezas de hoja ancha.
- **Verdict™ 1400:** es un herbicida sistémico totalmente selectivo a cultivos de hoja ancha. Recomendado para el control de malezas gramíneas anuales y perennes.

6.5 CLIENTES

Dow trabaja conjuntamente con sus clientes en mercados finales claves para mejorar su productividad. La compañía aplica todas sus capacidades en desarrollar soluciones personalizadas a cada uno de ellos. De esta manera, Dow consigue que sus clientes crezcan de forma sostenible al mismo tiempo que la compañía.

El compromiso de dar un servicio de calidad a los clientes es fundamental. Para lograr este fin, el código de conducta empresarial, la norma diamante, detalla pautas de comportamiento éticas, tales como la protección de datos confidenciales y el respeto por el trabajo de las personas.

Además, Dow pone a disposición del cliente todas las herramientas para que se utilicen los productos de manera óptima como son las hojas técnicas de evaluación, manejo y seguridad de cada producto y ofrece una formación continua en temas técnicos y de salud, seguridad y medio ambiente impartiendo cursos, ponencias y entrenamientos. Sus centros de I+D y laboratorios se ponen a su disposición para la realización de test para nuevos productos.

A continuación se listan los clientes mayoristas que distribuyen en el país los productos de la planta de agroquímicos de Dow química Cartagena, Colombia. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Red de distribuidores

Territorio	Nombre	Domicilio	Teléfono
Antioquia	Agroespecialidades	Km 3 Via La Ceja Rionegro	(4) 555 0010
Antioquia	Distribuciones Agralba S.A.	Calle 8 Sur # 50E-30	(4) 361 6622
Atlántico	Coacosta S.A.	Calle 59 # 53-33	(5) 368 2626
Bolívar	Coacosta S.A.	Calle 59 # 53-33	(5) 368 2626
Boyacá	Duwest Colombia SAS	Km 3 Vía Los Patriotas entre Tunja y Soraca.	(1) 898 5064

Caldas	Insagrin S.A.	Carrera 22 # 70 B - 52. Edificio Torre Plaza de la 70	(6) 886 6678 / (6) 886 6692
Caquetá	Insuagro	CALLE 16 NO 9-9	(8) 435 6907
Casanare / Meta	Cosechar Ltda.	Carrera 6 # 29-85. Barrio El Paraíso	(8) 634 2026
Cundinamarca	Agroespecialidades	Km 5. Vía Funza Siberia (Finca San Luis de Potosi)	(1) 821 9016 / (1) 821 9017
Cundinamarca	Duwest Colombia SAS	Km 2 Autopista Medellín Parque Empresarial Oikos La Florida Bodegas 5-6-7	(1) 898 5064
Huila / Tolima	Agromark S.A.	Centro Logístico Industrial y Comercial del Campestre. Carrera 48 Sur, Calle 120 Bodega 7	318 827 1557
Santander	Distribuciones Agralba S.A.	Calle 60 # 16-28, Bodega 5. Conjunto Bodegas La Esmeralda	(7) 646 1505 / (7) 646 1508

Fuente: Dow AgroSciences, 2018

6.6 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

A continuación se litan las materias primas que corresponden solo al producto Lorsban, ya que es el producto estrella de la línea de insecticidas que enmarca el objeto de estudio del presente proyecto; dichas materias primas principales son:

- Dursban
- Clorpirifos
- Ácido bencenosulfónico, dodecil- sal de calcio
- 2-metilpropan-1-ol
- Nafta de bajo punto de ebullición
- 1,2,4-trimetilbenceno
- Mesitileno
- Cumeno
- Xileno. (DOW, 2018)

7 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con el fin de evidenciar el contexto actual en que se encuentra la empresa, a continuación se procede a detallar los aspectos más importantes que rodean el objeto de estudio en materia de consumo eléctrico y sus costos mensuales asociados, tanto en la línea de insecticidas como en el horno de vapor, de tal manera que sirva, como dato comparativo en relación con los resultados de la propuesta de mejora.

7.1 COSTOS DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA DE INSECTICIDAS

Para entrar a determinar en detalle los costos asociados al consumo de energía eléctrica en la planta de insecticidas, primero se procede a consolidar el consumo eléctrico a través de los resultados de los datos suministrados por la empresa (ver anexo 4), mediante la totalización del consumo de los meses del año 2018 de la planta de agroquímicos. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Facturación de consumo eléctrico por líneas y áreas 2018

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	TOTAL CONSUMO EN (kWh)	%	COSTO DE FACTURA
HERBICIDAS	346,236	44.93%	\$ 104,017,530.49
LAB.AGROQUIMICOS	134,060	17.40%	\$ 40,296,245.01
INSECTICIDAS	271,294	35.20%	\$ 81,328,456.26
BODEGA CENTRAL	19,081	2.48%	\$ 5,740,352.54
TOTAL	770,671	100%	\$ 231,382,584.30

Fuente: Elaboración propia, 2019

A partir del análisis de los datos recopilados en la empresa DOW QUIMICA CARTAGENA, se puede determinar que la línea de insecticidas presenta un promedio de participación del 35% del consumo de energía eléctrica de la planta de agroquímicos durante el año 2018 y que su costo de facturación anual rodea

los 80 millones de pesos para dicho año, el cual puede verse discriminado por meses en la siguiente tabla.

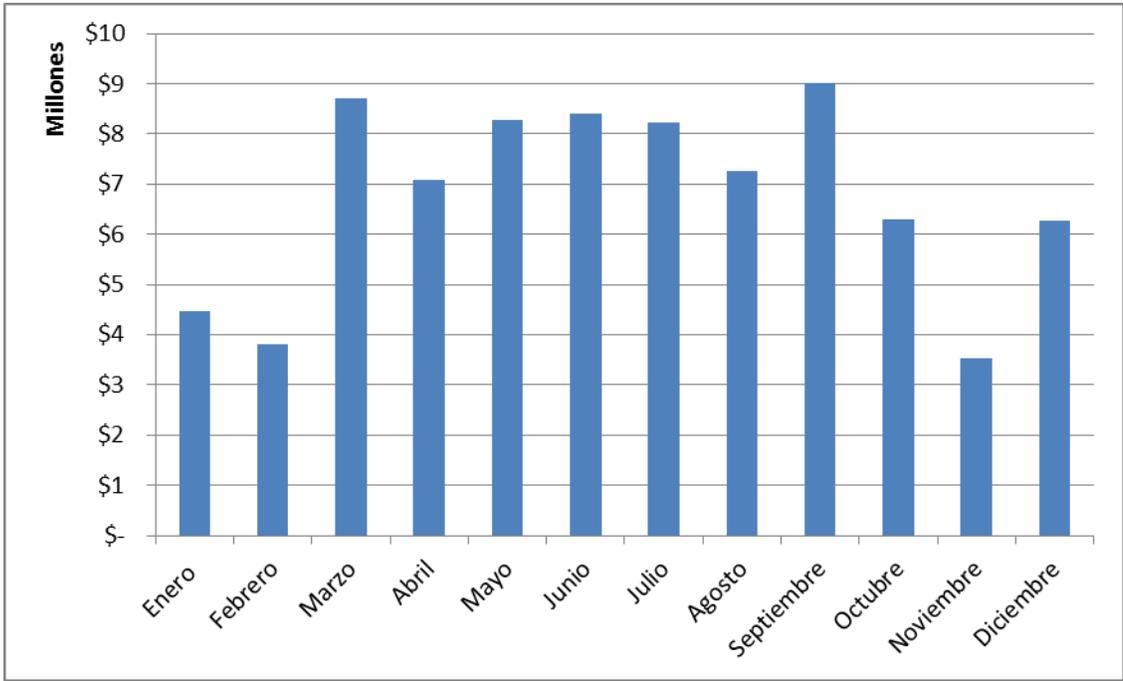
Tabla 4. Facturación de consumo eléctrico en la Línea de Insecticidas 2018

Mes	Consumo en (kWh/mes)	Tarifa Industrial en (\$/Kwh)	Valor en (\$)
Enero	14,867	\$ 300.86	\$ 4,472,885.62
Febrero	12,054	\$ 315.51	\$ 3,803,157.54
Marzo	29,260	\$ 297.47	\$ 8,703,972.20
Abril	23,424	\$ 301.97	\$ 7,073,345.28
Mayo	27,770	\$ 297.94	\$ 8,273,793.80
Junio	28,220	\$ 297.63	\$ 8,399,118.60
Julio	27,274	\$ 301.46	\$ 8,222,020.04
Agosto	24,328	\$ 298.50	\$ 7,261,908.00
Septiembre	30,681	\$ 293.87	\$ 9,016,225.47
Octubre	21,343	\$ 295.46	\$ 6,306,002.78
Noviembre	11,756	\$ 300.07	\$ 3,527,622.92
Diciembre	20,317	\$ 308.53	\$ 6,268,404.01
Promedio		\$ 300.77	
Total	271,294		\$ 81,328,456.26

Fuente: Elaboración propia, 2019

Del mismo modo, para poder observar el comportamiento del consumo y determinar los picos de mayor y menor costo de energía eléctrica en la línea de insecticidas se ilustra la siguiente figura.

Figuras 8. Costo del consumo de energía eléctrica de la línea de Insecticidas 2018



Fuente: Elaboración propia, 2019

El comportamiento de los costos de energía eléctrica de la línea de insecticidas marca un alza ininterrumpida desde el mes de marzo hasta el mes de octubre, con un valor que rodea entre los \$7 y \$9 millones de pesos, esto se debe gracias a que en dichos meses la producción fue alta debido a que la empresa tuvo que responder a la demanda de productos por parte de sus clientes nacionales como internacionales, además en el comportamiento del costo del consumo eléctrico el factor climático juega un papel importante, ya que la oferta y la demanda de los productos insecticidas se ven afectadas positiva y negativamente por las lluvias y las sequias, puesto que cuando llueve los cultivos crecen y los clientes buscan proteger las cosechas de los insectos y por otro lado cuando hay sequias no hay cosechas y las demandas de productos insecticidas bajan, es por eso que en los

meses de enero, febrero y noviembre del 2018 la producción fue baja y por ende los costos de consumo de energía eléctrica también lo fueron, con un valor entre \$3 y \$5 millones de pesos.

Por otra parte, al analizar el costo de consumo de energía eléctrica se puede determinar que el valor de la tarifa industrial tiene un promedio de \$ 300.77 pesos, y que su fluctuación durante el año marca la diferencia a la hora de cancelar las facturas de energía eléctrica (ver tabla 3), también que este valor es considerablemente bajo en comparación con la tarifa residencial que promedia los \$ 450.97 pesos para el año 2018 (ver anexo 5 y 6).

7.2 COSTO DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL HORNO DE VAPOR

Se sabe con anterioridad gracias a las entrevistas y visitas guiadas en campo que la empresa no mide el consumo de energía eléctrica de sus equipos por separado, es decir, que lo hace solo en general por planta, líneas de producción y áreas o departamentos que posee, y que este factor condiciona en gran medida el control que la empresa pueda darle al consumo de estos equipos, dando lugar a cero implementación de mejoras en este aspecto, puesto que lo que no se mide no se puede controlar y lo que no se puede controlar no se puede mejorar.

Es por esto, que en este caso para poder hallar el costo de consumo eléctrico del horno de vapor se necesita de la recolección de cierta información adicional para poder realizar los cálculos correspondientes. Dicha información es la siguiente:

- Ficha técnica o placa de datos del motor eléctrico del horno de vapor. (ver tabla 5)
- Numero de cargas de formulaciones realizadas por el horno de vapor en el año 2018. (ver anexo 7)

Cabe señalar que el número de cargas de formulaciones realizadas por el horno de vapor, es en sí la cantidad de veces que entra en funcionamiento el horno con una materia prima de una receta dada, y este proceso dura 48 horas, es decir que por cada carga o ingreso de materia prima que se le haga al horno de vapor se computará por 48 horas.

Entonces con la ayuda de la información del anexo 7 y la siguiente tabla, se completan los datos requeridos.

Tabla 5. Parámetros nominales del motor eléctrico

Datos	Cantidad	Simbolo	Unidad
Potencia	5	HP	Caballos de fuerza
Voltaje	220	V	Voltios
Frecuencia	50/60	Hz	Hertz o Hercio
Amperaje	2.2	A	Ampere o Amperio
Velocidad de giro	1800	rpm	Revoluciones por minuto
Rendimiento			
Factor de potencia			

Fuente: Dow Química Cartagena, 2019

A partir de los datos que provee la anterior tabla, se procede a realizar los cálculos para hallar la energía eléctrica consumida por hora del horno de vapor, la cual viene dada por la siguiente formula:

- Energía eléctrica consumida = Potencia eléctrica en (kW) X Tiempo de uso en horas (h)

Como la energía eléctrica consumida es facturada en kW/h por las empresas prestadoras de servicio, entonces se procede a hacer la conversión a las unidades correspondientes;

Si,

$$1 \text{ HP} = 0.7457 \text{ kW}$$

Entonces;

$$5 \text{ HP} = x$$

Se calcula y se obtiene;

$$5 \text{ HP} \times 0.7457 \text{ kW} \div 1 \text{ HP} = 3.7285 \text{ kW}$$

Entonces, con la potencia del motor eléctrico dada en 3.7285 kilovatios se procede a calcular su energía consumida en un lapso de 48 horas, el cual es el tiempo que permanece en operación el horno de vapor con el motor eléctrico a su máxima capacidad de 1800 rpm (revoluciones por minutos), por cada carga de formulación de producto;

$$3.7285 \text{ kW} \times 48\text{h} = 178.968 \text{ kWh}$$

De ahí que el resultado del consumo eléctrico del horno de vapor en cada lote de producción es de 178.985 kW/h, y para saber su consumo en el mes solo hace falta multiplicar su potencia en kWh por el número de cargas de formulaciones realizadas en cada mes. En definitiva, con la comprensión de los cálculos y la utilización de los datos recopilados se logra hallar el costo del consumo de energía eléctrica para el año 2018 (ver tabla 6).

Tabla 6. Facturación de consumo eléctrico del horno de vapor en el año 2018

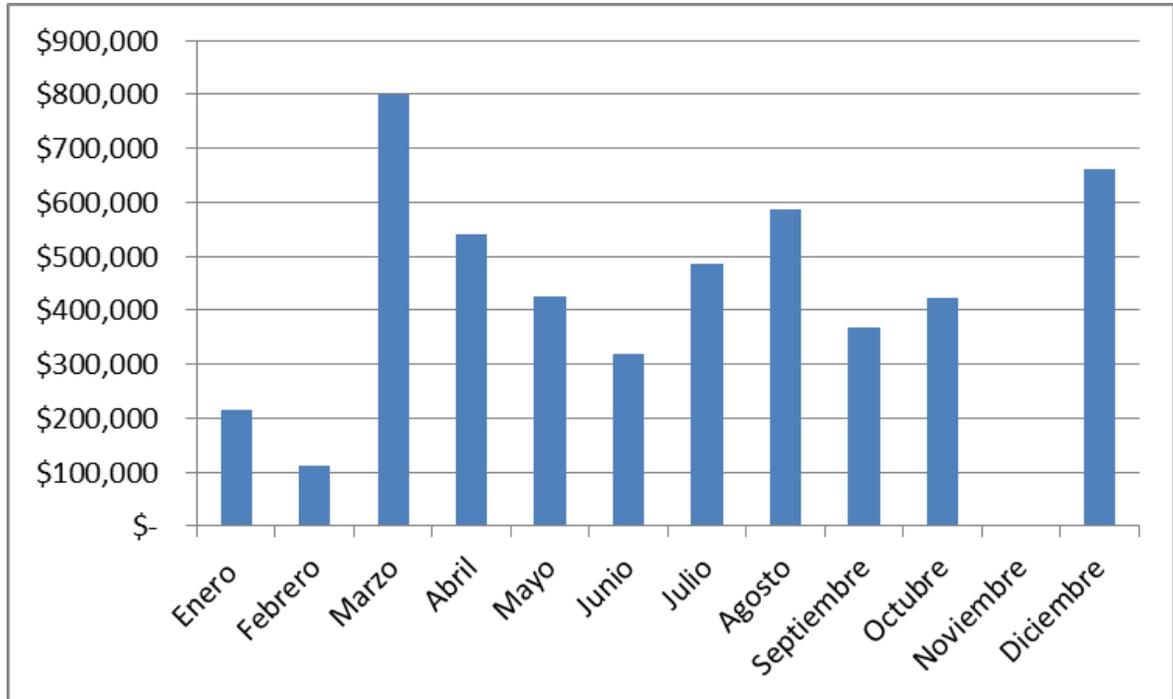
Mes	Potencia eléctrica en (kW)	Horas por Formulación	# de Cargas de Formulaciones al mes	Consumo en (kWh/mes)	Tarifa Industrial en (\$/Kwh)	Valor (\$)
Enero	3.7285	48	4	716	\$ 300.86	\$ 215,377.25
Febrero	3.7285	48	2	358	\$ 315.51	\$ 112,932.39
Marzo	3.7285	48	15	2,685	\$ 297.47	\$ 798,564.16
Abril	3.7285	48	10	1,790	\$ 301.97	\$ 540,429.67
Mayo	3.7285	48	8	1,432	\$ 297.94	\$ 426,573.81
Junio	3.7285	48	6	1,074	\$ 297.63	\$ 319,597.48
Julio	3.7285	48	9	1,611	\$ 301.46	\$ 485,565.24
Agosto	3.7285	48	11	1,969	\$ 298.50	\$ 587,641.43
Septiembre	3.7285	48	7	1,253	\$ 293.87	\$ 368,153.28
Octubre	3.7285	48	8	1,432	\$ 295.46	\$ 423,023.08
Noviembre	3.7285	48	0	0	\$ 300.07	\$ -
Diciembre	3.7285	48	12	2,148	\$ 308.53	\$ 662,603.96
Promedio					\$ 300.77	
Total			92	16,465		\$ 4,940,461.75

Fuente: Elaboración propia, 2019

Llegados a este punto, se puede evidenciar a partir de la anterior tabla el horno de vapor presentó un costo de energía eléctrica de \$ 4.940.461,75 millones de pesos en el año 2018, y cabe señalar que esté valor en este año no es considerablemente alto en vista a que no hubo producción durante el mes de noviembre debido a una parada de planta y también gracias a que los números de cargas de formulaciones en los meses no fueron significativos a excepción del mes de marzo que registro un total de 15/15 cargas posibles.

De igual modo, para observar de mejor forma las fluctuaciones en los meses y ver el comportamiento de costos de energía eléctrica durante el año 2018, se ilustra a continuación el siguiente gráfico.

Figuras 9. Costos del consumo de energía eléctrica del horno de vapor en el año 2018



Fuente: Elaboración propia, 2019

Conforme a la anterior grafica se puede sustraer los siguientes datos:

- Para los meses de enero y febrero la producción es baja y representa un costo de facturación entre \$ 100.000 y \$ 200.000 pesos.
- Marzo representa el mayor costo de facturación de todos los meses.
- Noviembre no evidencio costos de facturación debido a una parada de planta.
- Diciembre representa el segundo lugar con un costo de facturación entre \$ 600.000 y \$ 700.000 pesos.
- Por último, el resto de los meses marca una tendencia oscilatoria entre \$ 300.000 y \$ 600.000 pesos, dada un nivel de producción medio.

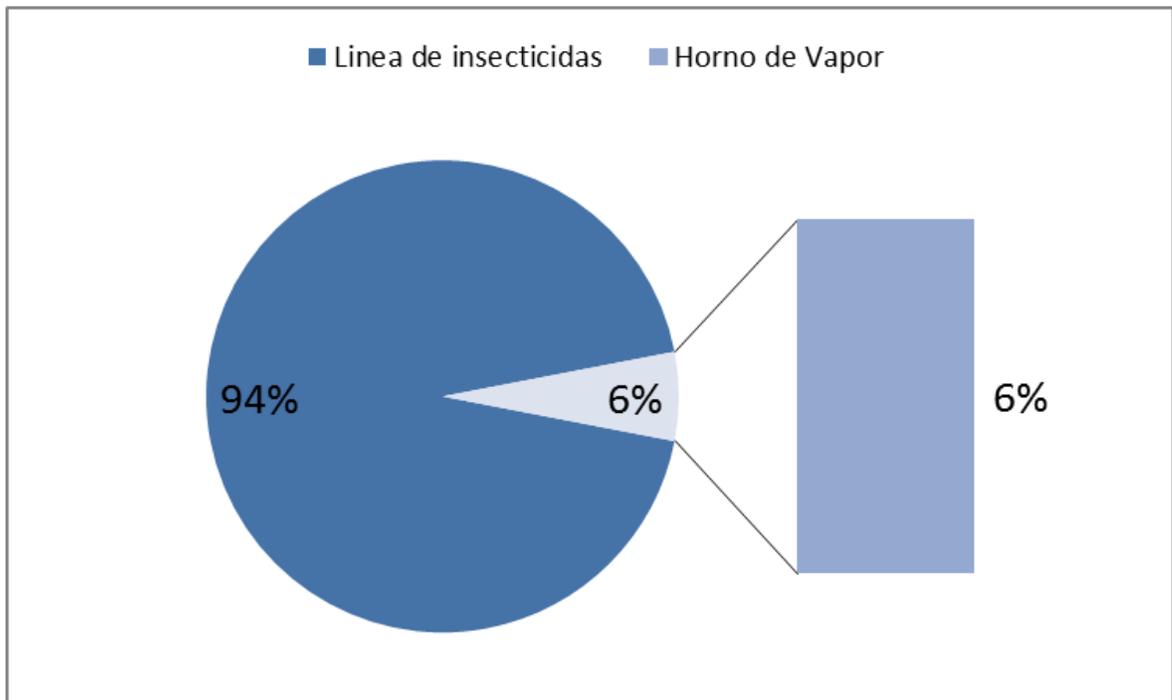
En general, esté resultado de costo de consumo de energía eléctrica en el horno de vapor está bien marcado principalmente por el plan de producción y la

planeación agregada que la empresa realiza periódicamente, ya que es allí donde se indica el cronograma de trabajo, el número de formulación y por consiguiente cuantas cargas se realizaran en el horno de vapor en determinados tiempos.

7.3 REPRESENTACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL HORNO DE VAPOR VS LÍNEA DE INSECTICIDAS

Teniendo en cuenta los datos de costo de consumo de energía eléctrica de la línea de insecticidas y del horno de vapor, se puede representar la participación de este último en el costo totales del primero, esto con el fin de demostrar el impacto que el horno de vapor tiene en la línea de insecticidas (ver figura 10).

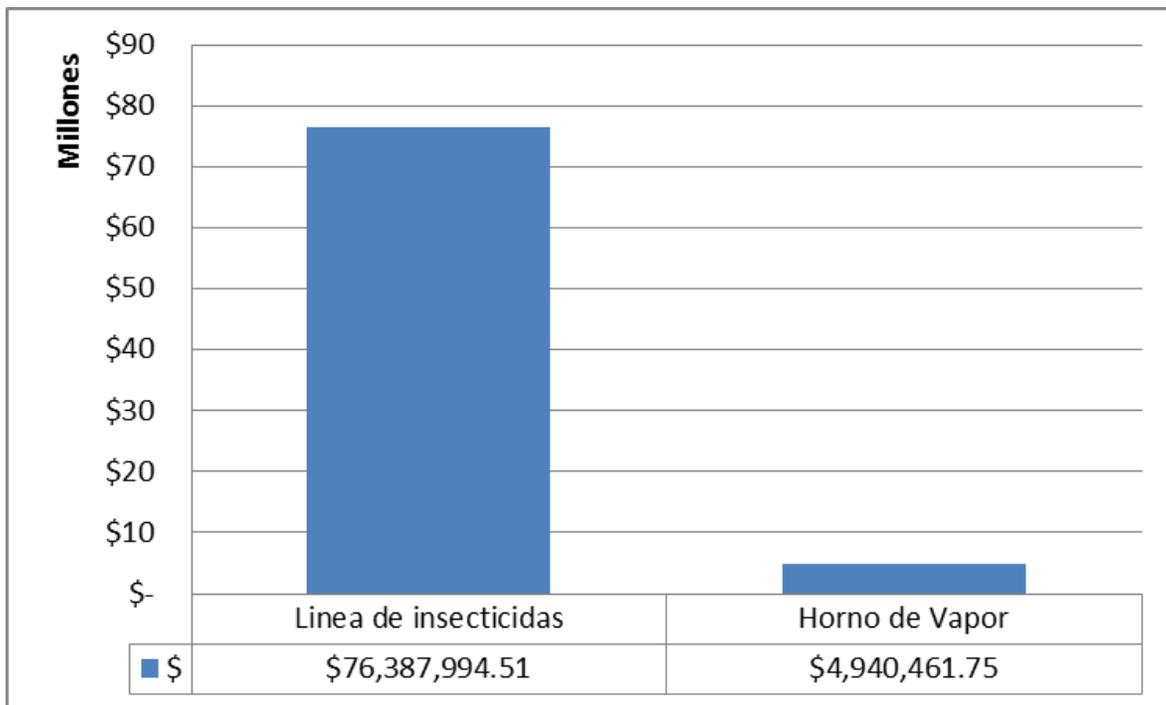
Figuras 10. Porcentaje de participación de costos de energía eléctrica entre la línea de insecticidas y el horno de vapor año 2018



Fuente: Elaboración propia, 2019

Siendo consecuentes con la anterior gráfica, claramente se puede evidenciar que la participación del horno de vapor representa el 6% del total de costo de energía eléctrica de la línea de insecticidas en el año 2018, y aunque su porcentaje no sea el más alto se debe reconocer que una implementación de mejora en este equipo significaría reducciones en los costos de energía eléctrica que repercutiría positivamente en las ganancias para la empresa. También partiendo de la premisa de que el año estudiado en mención no significó alta producción, pues según los comentarios del personal con mayor experiencia expresan que los años anteriores la producción fue alta, se tiene un sesgo al no conocer tales datos para determinar los comportamientos de producción y poder apreciar sus porcentajes de costos y concluir si eran mayores o menores al año 2018.

Figuras 11. Costos del consumo de la energía eléctrica de la línea de insecticidas y el horno de vapor



Fuente: Elaboración propia, 2019

En definitiva, aunque no se pudieron rescatar más datos históricos de otros años para poder fundamentar aún más este diagnóstico de costos de consumo eléctrico de la línea de insecticidas y el horno de vapor, la realidad puntual es que los datos obtenidos son significativos para efectuar y evaluar la propuesta de mejora.

8 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

A lo largo del desarrollo del planteamiento del problema, se ha determinado que el horno de vapor presenta deficiencias en su funcionamiento, que acarrea principalmente altos costos de consumo de energía eléctrica y otras consecuencias notables en el mismo orden, y que la causa raíz del problema radica en que el motor eléctrico opera de forma directa a 1800 rpm, durante todo el proceso de fundición de las materias primas. Por tal motivo se ha llegado a la conclusión, que la solución está en la implementación de un variador de velocidad o de frecuencia para mejorar su funcionamiento y con esté reducir los costos del consumo eléctrico en el equipo y por ende de la línea de insecticidas.

He aquí entonces, que para poder entrar a detallar dichos beneficios que encierra esta implantación, primero se debe conocer en detalle el variador de velocidad y sus principales características, para identificar y seleccionar el variador idóneo que requiere el motor eléctrico del horno de vapor, y así mismo, demostrar su esquema de instalación, su costo de implementación y por ultimo como dato importante y vital, saber cuánto se va a ahorrar la empresa con la ejecución de dicha propuesta.

A continuación se abordará la información que se requiere conocer para implementar la propuesta de mejoramiento del horno de vapor en la empresa DOW QUÍMICA CARTAGENA.

8.1 VARIADOR DE VELOCIDAD

Se puede definir un variador de velocidad o también llamado variador de frecuencia como un dispositivo electrónico capaz de controlar completamente motores eléctricos de inducción por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada.

Cómo ya se ha hablado anteriormente, este equipo se centra en el control de la velocidad del motor variando la frecuencia de la tensión de alimentación. En las siguientes imágenes se puede apreciar varios modelos con sus correspondientes marcas que se comercializan actualmente. (PIÑERO, 2015, pág. 8)

Figuras 12. Modelos de variadores de velocidad



Variador ABB

Variador
Schneider Electric

Variador Omron

Fuente: PIÑERO, 2015

8.2 SELECCIÓN DEL VARIADOR ÓPTIMO Y RECOMENDACIONES

Como se tiene a disposición una gran cantidad de modelos de variadores en el mercado, se tiene entonces que elegir el adecuado para cada proceso. Además de las características del motor, también se debe tener en cuenta ciertos factores externos a la hora de la selección. Esto es importante para obtener el mejor rendimiento al realizar la tarea y no desaprovechar recursos.

Por tanto, se deben considerar al menos los siguientes factores:

- Características del motor: Corriente y potencia nominal, rango de tensiones, factor de potencia, velocidad máxima...
- Tipo de carga: Par constante, Par variable, Potencia constante...
- Par en el arranque: Asegurar que no supera lo permitido por el variador. A veces es necesario sobredimensionar el variador por esta circunstancia.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación multi-motor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.

Además es recomendable añadir un circuito adicional para usar correctamente el variador y tener un buen nivel de protección. Ese circuito debe constar de al menos:

- Interruptor automático: Su elección está determinada por la corriente nominal del variador si se tiene inductancia de línea, o por la corriente de línea si no se tiene. La corriente de línea corresponde a la corriente absorbida por el variador a la potencia nominal de utilización, en una red de impedancia que limite la corriente de cortocircuito a:
 - 12kA para una tensión de alimentación de 208 V - 50/60Hz.
 - 22kA para una tensión de alimentación de 230 V - 50/60Hz.
 - 22kA para una tensión de alimentación de 400 V - 50Hz.
 - 65kA para una tensión de alimentación de 460 V - 60Hz.
- Contactor de línea: Este elemento garantiza un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por fallos. Su uso junto con el interruptor automático garantiza la protección del variador y

facilita las tareas de puesta en marcha, explotación y mantenimiento. La selección del contactor se realiza en función de la potencia nominal y de la corriente nominal del motor.

- Inductancia de línea: Estas inductancias garantizan una mejor protección contra las sobretensiones de red y reducen el índice de armónicos de corriente que produce el variador. La inductancia de línea está especialmente recomendada en los siguientes casos:
 - Red muy perturbada por otros receptores (parásitos, sobretensiones...).
 - Red de alimentación con desequilibrio de tensión entre fases mayor al 1.8% de la tensión nominal.
 - Instalación de un número elevado de variadores de frecuencia en la misma línea.

La selección de la inductancia de línea se hace de acuerdo a la corriente nominal del variador y su frecuencia de conmutación. Existen inductancias estándar para cada variador.

- Filtro de radio perturbaciones: Estos filtros permiten limitar la propagación de los parásitos que generan los variadores por conducción, y que podrían perturbar a determinados receptores situados en las proximidades del aparato (radio, televisión, sistemas de audio...). Existen filtros estándar para cada tipo de variador y algunos variadores los traen incorporados de origen, por lo que no es necesario instalarlos. (PIÑERO, 2015, pág. 11 y 12)

Si bien es remendado, que los anteriores dispositivos eléctricos de protección en casos de sobrecargas y demás perturbaciones de corriente eléctrica sean fundamentales, es claro hacer notar que no serán necesarios para la instalación del variador de velocidad en la empresa, ya que esta cuenta con un MCC (cuarto de máquinas de control) la cual tiene instalada dispositivos que son similares y cumplen la misma función de los anteriores mencionados.

8.2.1 Variador de velocidad Schneider Electric modelo ATV312

Luego de repasar los factores y recomendaciones que se deben tener en cuenta al momento de elegir el variador de velocidad indicado de acuerdo a los procesos industriales y las características del motor, en este caso se determinó que el variador óptimo para mejorar la funcionalidad del motor eléctrico del horno de vapor de la línea de insecticidas es el Schneider Electric modelo ATV312 (ver figura 13), ya que éste es el equipo que brinda la mayor compatibilidad en relación con las características nominales del motor eléctrico (ver tabla 5) que se encuentra instalado en el horno de vapor.

Del mismo modo, el criterio de elección de éste variador está asociado al listado de equipos y proveedores que presentan el mayor grado de confiabilidad en las instalaciones y trabajos de la empresa.

Figuras 13. Variador de velocidad Schneider Electric modelo ATV312



Fuente: Schneider Electric, 2019

Adicionalmente, para conocer en detalle las características principales y complementarias que ofrece el variador de velocidad Altivar 312, en el anexo 8 se documenta toda la información de interés sobre la ficha técnica del producto suministrada por el proveedor.

8.3 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD EN EL MOTOR ELÉCTRICO DEL HORNO DE VAPOR

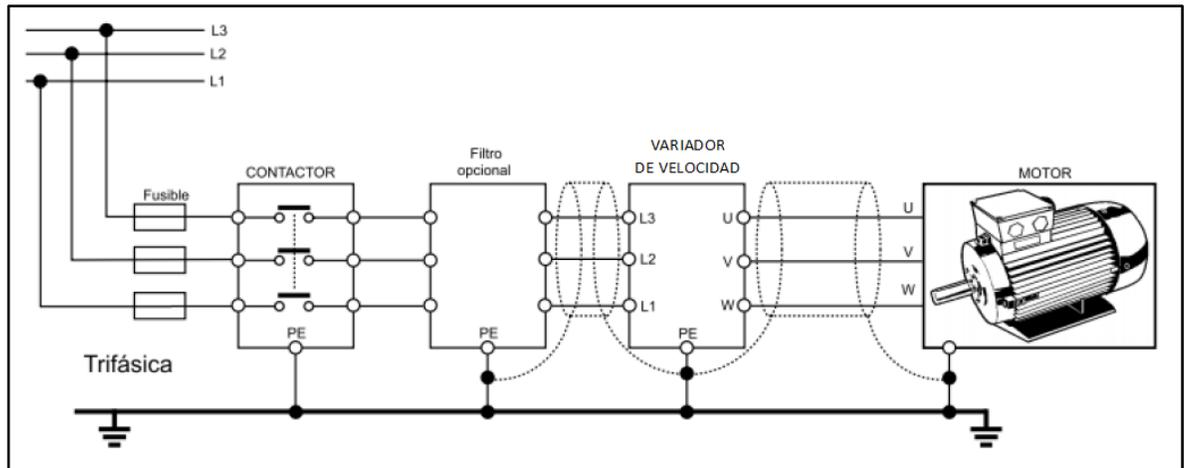
Para comprender de mejor forma cómo deberá ir la instalación de un variador de velocidad, a continuación se ilustran las figuras 14 y 15, que muestran el sentido de las conexiones de los dispositivos y componentes que se requieren para implementar la propuesta de mejora en el motor eléctrico del horno de vapor.

Figuras 14. Esquema general de la instalación de un variador de velocidad



Fuente: PIÑERO, 2015

Figuras 15. Esquema de instalación típica

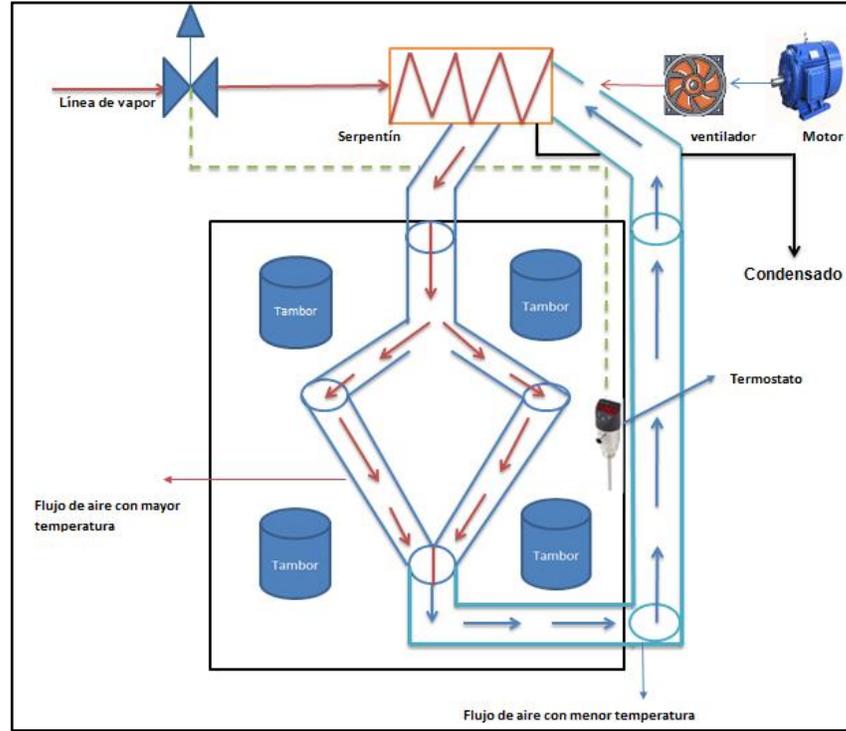


Fuente: PIÑERO, 2015

8.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE EQUIPOS (HORNO DE VAPOR)

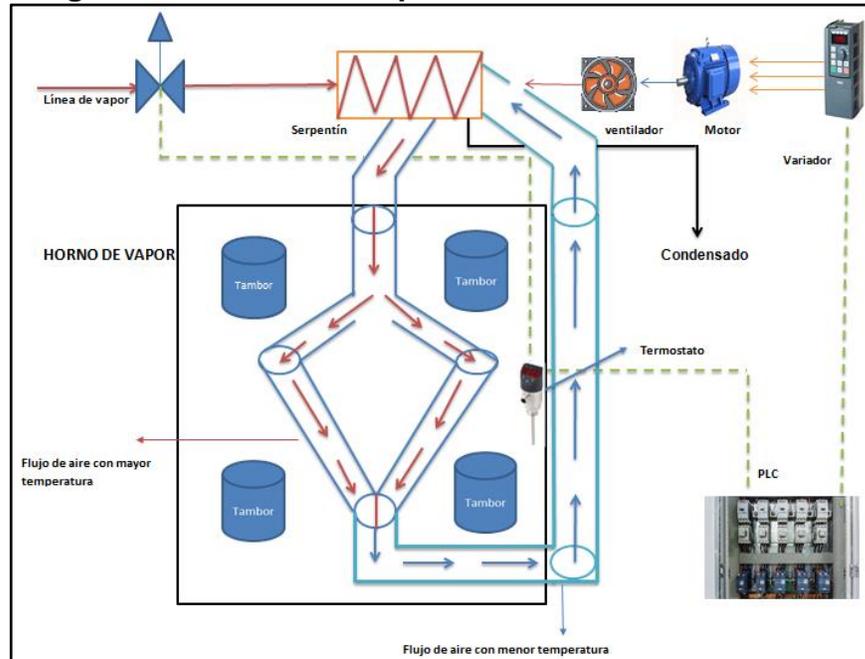
A continuación se ilustran los diagramas del horno de vapor en la situación actual y situación futura con la implementación del variador de velocidad. (Ver figuras 16 y 17)

Figuras 16. Horno de vapor actual



Fuente: elaboración propia, 2019

Figuras 17. Horno de vapor con variador de velocidad



Fuente: elaboración propia, 2019

8.5 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación, se evidencian las cotizaciones respectivas que encierran los costos de implementar un variador de velocidad en el motor eléctrico del horno de vapor.

8.5.1 Cotización del variador de velocidad y demás componentes

Después del estudio y evaluaciones de los proveedores y la relación con el listado que tiene la empresa se llegó a la decisión de contactar al proveedor Tecnoválvulas, el cual cumple con un buen rango de confiabilidad a nivel de equipos e instrumentos para la realización del trabajo.

En la siguiente figura se detalla todos los materiales y equipos que se necesitaran para la instalación del variador de velocidad en el motor eléctrico del horno de vapor.

Figuras 18. Cotización de los dispositivos y componentes

 Tecnoválvulas Su socio global en control de flujo NIT. 900.228.307-0		COTIZACIÓN 9030401					
EMPRESA JUAN MORALES ATN JUAN MORALES E-MAIL juanluismorales2828@hotmail.com CIUDAD CARTAGENA TELEFONO 3017742399		FECHA ENTREGA 11/04/2019 VALIDEZ EN SUS INSTALACIONES (DDP) 30 DÍAS FORMA DE PAGO CONTADO					
							
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	FECHA DE ENTREGA	U/M	CANT	VR. UNIT	VR. TOTAL
1	MATERIALES GENERAL PARA MONTAJE (CONECTORES PIN, CAJA DE PROTECCION 10X10, CABLEADO 2X16, 2 MTS FLEXCONDUIT)	-	3 DIAS	UND	1	\$ 45,000	\$ 45,000
2	VARIADOR DE VELOCIDAD ATV312-4KW -8,4 KVA-180W-200-240 V - TRIFASICO	SCHNEIDER ELECTRIC	15 DIAS	UND	1	\$ 2,322,000	\$ 2,322,000
3	TERMOMETRO DE RESISTENCIA PT100 TIPO TST001 RANGO DE MEDIDA DE 0 A 150 C, COMPACTO CON SALIDA DE 4 A 20mA material inoxidable conexión de 1/2" G	BURKERT	3 DIAS	UND	1	\$ 732,000	\$ 732,000
4	CONTROLADOR SR1, MA-VDC/MA, 2 ALARMAS, CONTROL DIGITAL PROCESOS 48X48MM	SHIMADEN	3 DIAS	UND	1	\$ 300,000	\$ 300,000
Observaciones: MERCANCIA SUJETA A ROTACIÓN DE INVENTARIO						SUB TOTAL	\$ 3,399,000
						IVA 19%	\$ 645,810
						TOTAL	\$ 4,044,810
Cordialmente: EDUARDO GARCIA VALDERRAMA 3187694614 SALE REPRESENT							
MEDELLIN Calle 32F #65 D-63 Medellín, Antioquia PBX: (+) 4449889 E-mail: ventasmedellin@tecnovavulas.net E-mail: tecnovavulas@tecnovavulas.net		BOGOTA D.C. Carrera 80 A #64 H-44 Bogotá, Cundinamarca PBX: (1) 4824264 E-mail: tecnovavulasbogota@tecnovavulas.net E-mail: tecnovavulas@tecnovavulas.net		CALI Cali, Valle CEL: 3165233924 - 3172621276 E-mail: ventascali@tecnovavulas.net E-mail: tecnovavulas@tecnovavulas.net			

Fuente: Tecnoválvulas, 2019

El resultado de la anterior cotización, fue suministrado por Tecnoválvulas, empresa que figura en el listado de confiabilidad de la empresa DOW QUÍMICA CARTAGENA.

8.5.2 Cotización de la mano de obra de instalación

La instalación de un variador de velocidad encierra una serie de actividades que se deben realizar por personal calificado dado a la complejidad del trabajo es por ello, que la siguiente cotización fue solicitada a la firma contratista principal con que cuenta la empresa para el mayor número de trabajos. A continuación se relacionan dichas actividades con sus respectivos costos.

Figuras 19. Cotización de la mano de obra

NIT: 8300907730				
N° Cotización: 0001				
Cliente: Juan Luis Morales	Tipo de pago: Efectivo			
Telefono: 3017742399	Validez: 30 días			
E-mail: juanluismorales2828@hotmail.com	Tipo de servicio: Sumistro de Mano de obra			
<i>Estimado cliente, a continuacion el costo de nuestro servicio dada su necesidad para un tiempo estimado de 1 (un) día:</i>				
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	N° DE RECURSO	TIPO DE RECURSO	VALOR
1	Tendido de cableado	1	Electricista	\$ 125,000
2	Instalación de controlador Y RTD	1	Instrumentista	\$ 175,000
3	Programación de controlador	1	Instrumentista	\$ 200,000
4	Instalación de variador de velocidad	2	Electricista/instrumentista	\$ 450,000
5	Conexión, Medición y Programación de variador.	2	Electricista/instrumentista	\$ 450,000
TOTAL:				\$ 1,400,000
<small> WWW.MASSYENERGY.CO CONTACTO.CO@MASSYGROUP.COM Bogotá, Colombia Cra. 45A No. 93 - 64 PB(X): +57(1)6212425 </small>				

Fuente: Massyenergy, 2019

En definitiva, para implementar la propuesta de mejora en el horno de vapor, la empresa deberá invertir un monto total de \$ 5.444.810 millones de pesos, para la adquisición e instalación de los equipos.

8.6 PORCENTAJE DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE OFRECE UN VARIADOR DE VELOCIDAD

Dada la problemática de ineficiencia que acarrea el horno de vapor, el dato que resulta ser más importante para la solución de éste, en esta etapa de presentación de la propuesta de mejoramiento, es el porcentaje de ahorro que se deriva de la implementación de un variador de velocidad, ya que este dato es vital para las empresas y es indispensable a la hora de evaluar las propuestas y tomar una decisión.

En ese mismo orden de ideas, se ha logrado determinar a través de muchas investigaciones que los variadores de frecuencia pueden ayudar a reducir el consumo de energía con un uso más eficiente logrando ajustar la velocidad de los motores eléctricos para igualarla a la demanda de la aplicación, lo que reduce el consumo energético de los motores entre un 20 y un 70%. (ABB, 2019)

Considerando la veracidad del anterior porcentaje se fundamenta la propuesta de mejoramiento del horno de vapor de la línea de insecticidas, ya que, hasta el límite inferior del porcentaje citado beneficia a la empresa, en vista a que un 20% en la reducción del costo de consumo de energía eléctrica resulta ser positivo aún siendo el valor mínimo posible.

9 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera de proyectos es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto. Antes que mostrar el resultado contable de una operación en la cual puede haber una utilidad o una pérdida, tiene como propósito principal determinar la conveniencia de emprender o no un proyecto de inversión. (MEZA, 2009)

9.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para efectuar esta evaluación, se utilizó como referencia los datos obtenidos de la situación actual para poder utilizarlos como base para elaborar y presentar análisis por escenarios, teniendo en cuenta la inversión inicial, los costos y los beneficios generados que puede obtener la empresa a partir de acogerse a la propuesta de mejora.

El conjunto de gastos se presentan por separado en las categorías de inversión inicial y egresos anuales, siendo este último, los costos de mantenimiento de la inversión durante los 10 años posteriores a la inversión inicial; cabe resaltar que se fijan 10 años, porque el tiempo de vida útil del equipo con un adecuado plan de mantenimiento es de 20 años o más (HERRERA, 2016), y para proyectar los flujos de caja se toma el valor medio de este. De igual modo, los ingresos en forma desglosada para esos 10 años.

Los diferentes escenarios en este caso son 3 en total, (pesimista, normal y optimista) y la variable que fluctuará en cada una de ellos es el ahorro generado por la implementación del variador de velocidad.

A continuación, se describe la situación actual, y cada uno de los escenarios propuestos.

9.1.1 Situación actual

Antes de proceder con la evaluación financiera de los escenarios, primero hay que evidenciar los costos actuales de la empresa, en materia de consumo de energía eléctrica y proyectar los flujos de los mismos en 10 años contados a partir de la inversión.

Entonces, en ese orden de ideas solo se tiene el valor de los costos de consumo de energía eléctrica del año 2018 para el horno de vapor, el cual fue obtenido en cálculos anteriores detallados en el numeral 7.2 a partir de los datos suministrados por la empresa.

Cabe notar, que para calcular la proyección del aumento de cada uno de los rubros (ingresos y egresos) expresados a continuación (excepto la inversión inicial), se tomará como referencia el promedio de los últimos cinco años del IPC, el cual es de 4.69%. (Ver tabla 7)

Tabla 7. Índice de precios al consumidor años 2014 a 2018

IPC				
2014	2015	2016	2017	2018
3.66%	6.77%	5.75%	4.09%	3.18%

Fuente: DANE, 2019

En la siguiente tabla se detalla el resultado de los costos de consumo de energía eléctrica de la situación actual.

Tabla 8. Situación actual

COSTO DE ENERGÍA (2018)	- \$ 4,940,461.75
INCREMENTO DE PROYECCIÓN DE COSTOS	4.69%

RUBRO	FLUJO POR AÑO										
	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
INVERSIÓN											
1 Materiales	\$ -										
2 Mano de obra	\$ -										
TOTAL INVERSIÓN	\$ -										
EGRESOS											
3 Costo de energía	-\$ 5,172,169.41	-\$ 5,414,744.15	-\$ 5,668,695.65	-\$ 5,934,557.48	-\$ 6,212,888.22	-\$ 6,504,272.68	-\$ 6,809,323.07	-\$ 7,128,680.32	-\$ 7,463,015.43	-\$ 7,813,030.85	-\$ 8,179,462.00
4 Mantenimiento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL EGRESOS	-\$ 5,172,169.41	-\$ 5,414,744.15	-\$ 5,668,695.65	-\$ 5,934,557.48	-\$ 6,212,888.22	-\$ 6,504,272.68	-\$ 6,809,323.07	-\$ 7,128,680.32	-\$ 7,463,015.43	-\$ 7,813,030.85	-\$ 8,179,462.00
INGRESOS											
5 Ahorro en energía	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL INGRESOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FLUJO DE CAJA	-\$ 5,172,169.41	-\$ 5,414,744.15	-\$ 5,668,695.65	-\$ 5,934,557.48	-\$ 6,212,888.22	-\$ 6,504,272.68	-\$ 6,809,323.07	-\$ 7,128,680.32	-\$ 7,463,015.43	-\$ 7,813,030.85	-\$ 8,179,462.00

Fuente: elaboración propia, 2019

9.1.2 Criterios de decisión

Con el fin de poder sustentar que la implementación de la propuesta será viable, la evaluación se basará en las reglas de decisión de cada uno de los indicadores de bondad económica, como es el VPN, TIR, PAYBACK, y la relación costo beneficio.

9.1.3 Escenarios

A continuación se presentan los tres escenarios que servirán de comparación respecto a la situación actual de la empresa.

9.1.3.1 Escenario Pesimista

En este escenario se presenta la peor situación que la empresa podría tener al invertir en la propuesta de mejora de la línea de insecticidas. Esto es el ahorro mínimo que puede obtener la empresa al instalar un variador de velocidad en el horno de vapor; dicho ahorro que ofrece es del 20%.

9.1.3.2 Escenario Normal

En el escenario normal, se considera un ahorro proporcionado por el variador de velocidad igual a un 42%, el cual fue obtenido a partir del promedio de los casos de éxito de cinco empresas, una nacional y otras internacionales en donde implementaron un variador de velocidad en sus procesos. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Casos de éxito en implementación de variadores de velocidad

ITEM	EMPRESA	PAIS	INDUSTRIA	APLICACIÓN	TIPO DE VARIADOR DE FRECUENCIA	PORCENTAJE DE AHORRO
1	Estación de Pietarsaari	Finlandia	Tratamiento de aguas	Sistema de bombeo	ABB	30%
2	Fluxys LNG.		Petróleo y gas	Sistema de bombeo	PowerFlex 7000	37%
3	Compañía de Aceros	Bélgica	Metales	Sistema de bombeo	PowerFlex 7000	47%
4	Cantera Glendinnings		Minería	Sistema de bombeo	PowerFlex 7000	52%
5	Aguas de Cartagena S.A. E.S.P.	Colombia	Tratamiento de aguas	Sistema de bombeo	Danfoss VLT	44%

Fuente: elaboración propia, 2019

9.1.3.3 Escenario optimista

En este escenario se contempla la mejor situación económica que puede tener la empresa al implementar la propuesta de mejora. En este caso el ahorro máximo esperado de un variador de velocidad es del 70%.

9.1.4 Análisis de sensibilidad

En el siguiente análisis se determinará el porcentaje de ahorro más pesimista mediante la herramienta Solver de Excel, en donde se iguala el VPN a cero y se logra obtener el porcentaje más bajo de ahorro en el cual de allí hacia abajo la empresa no debería invertir.

9.1.5 Definición de la (TREMA)

Se define como la tasa que representa una ponderación de rentabilidad, la medida mínima que se exigirá alcanzar para realizar una inversión en determinado proyecto, de tal modo que permita recuperar la totalidad de la inversión inicial. (RIQUELME, 2018)

Entonces en este caso para efectuar los cálculos de los indicadores de bondad económica de la propuesta de mejora, se tomó una tasa del 11.57%, rescatada de DowDuPont Inc. (DWDP) ("STOCKANALYSISONNET", 2019)

9.1.6 Los rubros

A continuación se describe los cálculos de obtención de cada uno de los rubros.

1. Materiales

Mediante cotizaciones se pudo obtener el valor del variador de velocidad y los demás componentes necesarios para implementar la propuesta de mejora, dicho valor total es de \$4.044.810 (ver figura 16).

2. Mano de obra

Este valor se obtuvo a partir de la cotización de la firma contratista empleada en la empresa, la cual dio como resultado \$1.400.000 (ver figura 17).

3. Costo de energía

Este valor se obtuvo mediante la multiplicación del costo de la energía de la situación actual menos el porcentaje de ahorro.

4. Mantenimiento

Para el costo del mantenimiento, se obtuvo a partir del cálculo del 3% de la inversión inicial, ya que se sabe que éste es el porcentaje del mantenimiento de los variadores de velocidad por año. (ABB, 2019)

5. Ahorro en energía

Este se halla restando el costo de la energía de la situación actual menos el costo de la energía de la situación propuesta.

9.2 RESULTADOS

A continuación se evidencia el resultado de cada uno de los escenarios propuestos, junto con los indicadores de bondad económica.

9.2.1 Escenario pesimista

Tabla 10. Escenario pesimista

AHORRO	20.00%
INCREMENTO DE PROYECCIÓN DE COSTOS	4.69%
TREMA E.A.	11.57%

RUBRO	FLUJO POR AÑO										
	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
INVERSIÓN											
1 Materiales	-\$ 4,044,810.00										
2 Mano de obra	-\$ 1,400,000.00										
TOTAL INVERSIÓN	-\$ 5,444,810.00										
EGRESOS											
3 Costo de energía		-\$ 4,331,795.32	-\$ 4,534,956.52	-\$ 4,747,645.98	-\$ 4,970,310.58	-\$ 5,203,418.15	-\$ 5,447,458.46	-\$ 5,702,944.26	-\$ 5,970,412.34	-\$ 6,250,424.68	-\$ 6,543,569.60
4 Mantenimiento		-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
TOTAL EGRESOS	-\$ 5,444,810.00	-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
INGRESOS											
5 Ahorro en energía		\$ 1,082,948.83	\$ 1,133,739.13	\$ 1,186,911.50	\$ 1,242,577.64	\$ 1,300,854.54	\$ 1,361,864.61	\$ 1,425,736.06	\$ 1,492,603.09	\$ 1,562,606.17	\$ 1,635,892.40
TOTAL INGRESOS		\$ 1,082,948.83	\$ 1,133,739.13	\$ 1,186,911.50	\$ 1,242,577.64	\$ 1,300,854.54	\$ 1,361,864.61	\$ 1,425,736.06	\$ 1,492,603.09	\$ 1,562,606.17	\$ 1,635,892.40
FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 919,604.53	\$ 962,733.98	\$ 1,007,886.21	\$ 1,055,156.07	\$ 1,104,642.89	\$ 1,156,450.64	\$ 1,210,688.18	\$ 1,267,469.45	\$ 1,326,913.77	\$ 1,389,146.02
FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 4,525,205.47	-\$ 3,562,471.49	-\$ 2,554,585.28	-\$ 1,499,429.21	-\$ 394,786.32	\$ 761,664.32	\$ 1,972,352.49	\$ 3,239,821.95	\$ 4,566,735.71	\$ 5,955,881.74
VP FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 824,239.97	\$ 773,412.94	\$ 725,720.18	\$ 680,968.42	\$ 638,976.28	\$ 599,573.60	\$ 562,600.70	\$ 527,907.75	\$ 495,354.15	\$ 464,807.97
VP FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 4,620,570.03	-\$ 3,847,157.09	-\$ 3,121,436.91	-\$ 2,440,468.49	-\$ 1,801,492.21	-\$ 1,201,918.61	-\$ 639,317.91	-\$ 111,410.16	\$ 383,943.99	\$ 848,751.96

CALCULO DE INDICADORES:

INDICADORES	VPN	TIR	RELACION B/C	PAYBACK EN (AÑOS)
VALOR	\$848,751.96	14.95%	1.13	8.22

VPB	VPC
\$7,411,452.79	\$6,562,700.83

Fuente: elaboración propia, 2019

9.2.2 Escenario normal

Tabla 11. Escenario normal

AHORRO	42.00%
INCREMENTO DE PROYECCIÓN DE COSTOS	4.69%
TREMA E.A.	11.57%

RUBRO	FLUJO POR AÑO										
	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
INVERSIÓN											
1 Materiales	-\$ 4,044,810.00										
2 Mano de obra	-\$ 1,400,000.00										
TOTAL INVERSIÓN	-\$ 5,444,810.00										

EGRESOS											
3 Costo de energía		-\$ 3,140,551.61	-\$ 3,287,843.48	-\$ 3,442,043.34	-\$ 3,603,475.17	-\$ 3,772,478.16	-\$ 3,949,407.38	-\$ 4,134,634.59	-\$ 4,328,548.95	-\$ 4,531,557.89	-\$ 4,744,087.96
4 Mantenimiento		-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
TOTAL EGRESOS	-\$ 5,444,810.00	-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
INGRESOS											
5 Ahorro en energía		\$ 2,274,192.54	\$ 2,380,852.17	\$ 2,492,514.14	\$ 2,609,413.05	\$ 2,731,794.53	\$ 2,859,915.69	\$ 2,994,045.74	\$ 3,134,466.48	\$ 3,281,472.96	\$ 3,435,374.04
TOTAL INGRESOS		\$ 2,274,192.54	\$ 2,380,852.17	\$ 2,492,514.14	\$ 2,609,413.05	\$ 2,731,794.53	\$ 2,859,915.69	\$ 2,994,045.74	\$ 3,134,466.48	\$ 3,281,472.96	\$ 3,435,374.04
FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 2,110,848.24	\$ 2,209,847.03	\$ 2,313,488.85	\$ 2,421,991.48	\$ 2,535,582.88	\$ 2,654,501.72	\$ 2,778,997.85	\$ 2,909,332.85	\$ 3,045,780.56	\$ 3,188,627.66
FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 3,333,961.76	-\$ 1,124,114.73	\$ 1,189,374.12	\$ 3,611,365.60	\$ 6,146,948.48	\$ 8,801,450.20	\$ 11,580,448.04	\$ 14,489,780.89	\$ 17,535,561.44	\$ 20,724,189.11
VP FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 1,891,949.67	\$ 1,775,281.98	\$ 1,665,808.65	\$ 1,563,086.02	\$ 1,466,697.82	\$ 1,376,253.42	\$ 1,291,386.31	\$ 1,211,752.56	\$ 1,137,029.45	\$ 1,066,914.16
VP FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 3,552,860.33	-\$ 1,777,578.35	-\$ 111,769.71	\$ 1,451,316.31	\$ 2,918,014.13	\$ 4,294,267.55	\$ 5,585,653.86	\$ 6,797,406.42	\$ 7,934,435.87	\$ 9,001,350.03

CALCULO DE INDICADORES:

INDICADORES	VPN	TIR	RELACION B/C	PAYBACK EN (AÑOS)
VALOR	\$9,001,350.03	41.56%	2.37	3.07

VPB	VPC
\$15,564,050.86	\$6,562,700.83

Fuente: elaboración propia, 2019

9.2.3 Escenario optimista

Tabla 12. Escenario optimista

AHORRO	70.00%
INCREMENTO DE PROYECCIÓN DE COSTOS	4.69%
TREMA E.A.	11.57%

RUBRO	FLUJO POR AÑO										
	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
INVERSIÓN											
1 Materiales	-\$ 4,044,810.00										
2 Mano de obra	-\$ 1,400,000.00										
TOTAL INVERSIÓN	-\$ 5,444,810.00										
EGRESOS											
3 Costo de energía		-\$ 1,624,423.25	-\$ 1,700,608.70	-\$ 1,780,367.24	-\$ 1,863,866.47	-\$ 1,951,281.80	-\$ 2,042,796.92	-\$ 2,138,604.10	-\$ 2,238,904.63	-\$ 2,343,909.26	-\$ 2,453,838.60
4 Mantenimiento		-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
TOTAL EGRESOS	-\$ 5,444,810.00	-\$ 1,63,344.30	-\$ 1,71,005.15	-\$ 1,79,025.29	-\$ 1,87,421.58	-\$ 1,96,211.65	-\$ 2,05,413.97	-\$ 2,15,047.89	-\$ 2,25,133.63	-\$ 2,35,692.40	-\$ 2,46,746.38
INGRESOS											
5 Ahorro en energía		\$ 3,790,320.91	\$ 3,968,086.96	\$ 4,154,190.23	\$ 4,349,021.76	\$ 4,552,990.88	\$ 4,766,526.15	\$ 4,990,076.23	\$ 5,224,110.80	\$ 5,469,121.60	\$ 5,725,623.40
TOTAL INGRESOS		\$ 3,790,320.91	\$ 3,968,086.96	\$ 4,154,190.23	\$ 4,349,021.76	\$ 4,552,990.88	\$ 4,766,526.15	\$ 4,990,076.23	\$ 5,224,110.80	\$ 5,469,121.60	\$ 5,725,623.40
FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 3,626,976.61	\$ 3,797,081.81	\$ 3,975,164.95	\$ 4,161,600.18	\$ 4,356,779.23	\$ 4,561,112.18	\$ 4,775,028.34	\$ 4,998,977.17	\$ 5,233,429.19	\$ 5,478,877.02
FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 1,817,833.39	\$ 1,979,248.41	\$ 5,954,413.36	\$ 10,116,013.54	\$ 14,472,792.77	\$ 19,033,904.95	\$ 23,808,933.28	\$ 28,807,910.45	\$ 34,041,339.64	\$ 39,520,216.67
VP FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 3,250,852.92	\$ 3,050,388.03	\$ 2,862,284.87	\$ 2,685,781.15	\$ 2,520,161.59	\$ 2,364,755.01	\$ 2,218,931.63	\$ 2,082,100.50	\$ 1,953,707.10	\$ 1,833,231.12
VP FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 2,193,957.08	\$ 856,430.95	\$ 3,718,715.82	\$ 6,404,496.97	\$ 8,924,658.56	\$ 11,289,413.58	\$ 13,508,345.21	\$ 15,590,445.71	\$ 17,544,152.81	\$ 19,377,383.93

CALCULO DE INDICADORES:

INDICADORES	VPN	TIR	RELACION B/C	PAYBACK EN (AÑOS)	VPB	VPC
VALOR	\$19,377,383.93	70.81%	3.95	1.72	\$25,940,084.77	\$6,562,700.83

Fuente: elaboración propia, 2019

9.2.4 Análisis de sensibilidad

Tabla 13. Análisis de sensibilidad

AHORRO	17.71%
INCREMENTO DE PROYECCIÓN DE COSTOS	4.69%
TREMA E.A.	11.57%

RUBRO	FLUJO POR AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
INVERSIÓN											
1 Materiales	-\$ 4,044,810.00										
2 Mano de obra	-\$ 1,400,000.00										
TOTAL INVERSIÓN	-\$ 5,444,810.00										
EGRESOS											
3 Costo de energía		-\$ 4,455,813.63	-\$ 4,664,791.29	-\$ 4,883,570.00	-\$ 5,112,609.44	-\$ 5,352,390.82	-\$ 5,603,417.95	-\$ 5,866,218.25	-\$ 6,141,343.89	-\$ 6,429,372.91	-\$ 6,730,910.50
4 Mantenimiento		-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
TOTAL EGRESOS	-\$ 5,444,810.00	-\$ 163,344.30	-\$ 171,005.15	-\$ 179,025.29	-\$ 187,421.58	-\$ 196,211.65	-\$ 205,413.97	-\$ 215,047.89	-\$ 225,133.63	-\$ 235,692.40	-\$ 246,746.38
INGRESOS											
5 Ahorro en energía		\$ 958,930.52	\$ 1,003,904.36	\$ 1,050,987.47	\$ 1,100,278.79	\$ 1,151,881.86	\$ 1,205,905.12	\$ 1,262,462.07	\$ 1,321,671.54	\$ 1,383,657.94	\$ 1,448,551.50
TOTAL INGRESOS		\$ 958,930.52	\$ 1,003,904.36	\$ 1,050,987.47	\$ 1,100,278.79	\$ 1,151,881.86	\$ 1,205,905.12	\$ 1,262,462.07	\$ 1,321,671.54	\$ 1,383,657.94	\$ 1,448,551.50
FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 795,586.22	\$ 832,899.21	\$ 871,962.19	\$ 912,857.21	\$ 955,670.22	\$ 1,000,491.15	\$ 1,047,414.18	\$ 1,096,537.91	\$ 1,147,965.54	\$ 1,201,805.12
FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 4,649,223.78	-\$ 3,816,324.57	-\$ 2,944,362.38	-\$ 2,031,505.17	-\$ 1,075,834.96	-\$ 75,343.81	\$ 972,070.38	\$ 2,068,608.28	\$ 3,216,573.82	\$ 4,418,378.94
VP FLUJO DE CAJA	-\$ 5,444,810.00	\$ 713,082.57	\$ 669,110.10	\$ 627,849.21	\$ 589,132.69	\$ 552,803.63	\$ 518,714.82	\$ 486,728.10	\$ 456,713.85	\$ 428,550.45	\$ 402,123.75
VP FLUJO ACUMULADO	-\$ 5,444,810.00	-\$ 4,731,727.43	-\$ 4,062,617.33	-\$ 3,434,768.12	-\$ 2,845,635.44	-\$ 2,292,831.81	-\$ 1,774,116.99	-\$ 1,287,388.90	-\$ 830,675.04	-\$ 402,124.59	-\$ 0.85

CALCULO DE INDICADORES:

INDICADORES	VPN	TIR	RELACION B/C	PAYBACK EN (AÑOS)
VALOR	-\$0.85	11.57%	1.00	9.94

VPB	VPC
\$6,562,699.98	\$6,562,700.83

Fuente: elaboración propia, 2019

9.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se sabe que una empresa para poder tomar decisiones acertadas de inversión, primero debe contemplar el potencial desarrollo del proyecto en materia de costos y generación de beneficios, por tal razón es necesario analizar y evaluar cada una de los escenarios en los que la empresa pueda incurrir al tomar dicha decisión. De allí que en este caso para poder apreciar el comportamiento los rubros e indicadores, se procede a analizar los resultados de los anteriores escenarios.

- Escenario pesimista: en esta situación se nota que a pesar de llegar a presentarse en la empresa un porcentaje mínimo de ahorro del 20% con la implementación de la propuesta, los resultados demuestran ser buenos y alentadores, ya que el periodo de retorno de la inversión se da en el año 8, dentro de los 10 años del flujo proyectado y además dichos flujos de ingresos son bastante significativos en relación a la inversión. Por otro lado, los indicadores financieros lo demuestran, en vista a que el valor presente neto está por encima de (0) con un valor de \$ 848.751,96, la tasa interna de retorno supera la tasa de oportunidad o (TREMA) indicada para este proyecto. Y finalmente la relación beneficio costo está arrojando una cifra mayor a (1), lo cual es muestra suficiente para denotar que la propuesta es conveniente y por lo tanto debe realizarse.

- Escenario normal : en este caso con un porcentaje de ahorro del 42% obtenido a partir del promedio de los porcentajes de los casos de éxito en las empresas a nivel mundial que implementaron un variador de velocidad en sus procesos, refleja que los resultados son positivos para poder asumir la inversión, en vista a que se están duplicando los ingresos detallados en los flujos de caja en relación al escenario

pesimista y además el periodo de retorno de la inversión se acorto considerablemente a 3 años, con indicadores acertados que rodean las siguientes cifras; \$ 9.001.350,03 para el VPN, 41.56% para la TIR, y 2.37 para la relación costo beneficio.

- Escenario optimista: en esta ultima la situación, en la que podría incurrir la empresa, se señala la mejor participación de ahorro con un 70%, y del mismo modo encierra grandes beneficios económicos por ser el máximo nivel de ahorro que puede ofrecer el equipo, dado que los indicadores financieros lo demuestran por si solos, con los siguientes valores; \$ 19.377.383,93 para el VPN, 70.81% para la TIR, 3.95 para la relación beneficio costo, y por el PAYBACK (periodo de retorno de la inversión) es súper bueno con un valor inferior a 2 años.
- Análisis de sensibilidad: en este análisis se logra apreciar que el comportamiento que toman los flujos en relación al hecho de igualar el valor presente neto a (0) es aceptable, ya que la tasa de retorno de la inversión se da dentro de los años proyectados, con un periodo inferior a 10 años y teniendo en cuenta que el tiempo de vida útil del variador es de 20 años, se infiere que la inversión sería buena bajo estas circunstancias por lo que la empresa obtendría utilidades hasta completar este periodo de vida útil, aunque la relación de costo beneficio sea indiferente con un valor igual a (1), y la tasa de oportunidad o (TREMA) sea igual a la TIR.

10 CONCLUSIONES

Se sabe que la mayoría de las empresas del sector industrial apuntan hacia la optimización de procesos, y una implementación de mejora se convierte en un factor clave para su crecimiento y desarrollo, aún más cuando se analiza y se evalúa la viabilidad económica de la misma. Por tal razón, se espera que los resultados de la presente investigación contribuyan a estos propósitos. Para este caso se aplicaron varias técnicas de recolección de datos, así como también mecanismos para proponer mejoras y de obtener los resultados como la utilización de indicadores de bondad económica. A continuación, se exponen las principales conclusiones en función a cada objetivo planteado:

- Los beneficios que se obtendrían al implementar el variador de velocidad en el motor eléctrico son: * reducción de nivel de consume eléctrico, *reducción de los costos asociados al consume eléctrico, *alargamiento de la vida útil del equipo, *reducción en los costos del plan de mantenimiento del equipo, *beneficio ambiental por ahorro en consume eléctrico.
- Se demuestra que las diferentes formas de recopilación de datos históricos de consumo eléctrico, fueron fundamentales para hallar los costos de energía eléctrica del horno de vapor de la línea de insecticida donde se observa que en año 2018 el consumo de este equipo represento el 6% del total de consumo eléctrico para esta línea, con un costo de \$ 4.490.961,75.
- Se pudo determinar a través del análisis del diagrama de causa efecto, que la empresa no cuenta con mecanismos o herramientas de medición y control del consumo de energía eléctrica por equipos.

- Se puede comprobar que mediante la implementación de un variador de velocidad en el horno de vapor la empresa tendrá menores costos de consumo de energía eléctrica.
- Se evidencia a partir del análisis de los escenarios que la propuesta es viable financieramente ya que los beneficios se obtienen incluso en el escenario pesimista con un 20% de ahorro.
- Por medio del análisis de sensibilidad se muestra que incluso con un porcentaje de ahorro eléctrico del 17.71%, la empresa continúa recibiendo beneficios.

11 RECOMENDACIONES

- Se le sugiere a la empresa Dow Química Cartagena invertir en este proyecto, puesto que los resultados de los indicadores avalan la propuesta hasta en el peor de los escenarios planteados.
- Si decide acogerse a la propuesta de mejora, se le aconseja incluir en el plan de mantenimiento del horno de vapor el equipo instalado (variador de velocidad) teniendo en cuenta las instrucciones sugeridas por el proveedor (Tecnoválvulas).
- Tener en cuenta costo de oportunidad al momento de realizar la inversión, ya que esta afecta directamente la proyección de los costos en el flujo de caja.

REFERENCIAS

- "BUSINESS NEWS AMERICAS". (s.f.). *Business News Americas*. Retrieved Febrero 25, 2018, from Business News Americas: <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/unidad-de-planeacion-minero-energetica-upme>
- "DOW COLOMBIA". (1995). *Dow Colombia*. Retrieved Agosto 31, 2018, from Dow Colombia: <https://co.dow.com>
- "GRUPO ENERGIA BOGOTA". (s.f.). *Grupo Energía Bogota*. Retrieved Febrero 22, 2018, from Grupo Energía Bogota: <https://www.grupoenergiabogota.com/eeb/index.php/empresa/eeb-y-bogota/articulo-eficiencia-energetica-y-ciudad-retos-y-experiencias-exitosas>
- "STOCKANALYSISONNET". (2019, Febrero 2). *Stock Analysis on Net*. Retrieved Mayo 2, 2019, from Stock Analysis on Net: <https://www.stock-analysis-on.net/NYSE/Company/DowDuPont-Inc/DCF/Present-Value-of-FCFF>
- ABB. (2019). *ABB*. Retrieved 2019, from ABB: <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica>
- ALCARRIA, J. J. (2009). *Contabilidad Financiera I*. Castellón de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- ARRELLANO, B. O. (2015). *Estudio y análisis de eficiencia energetica del sistema eléctrico del hospital IESS - Ibarra*. Tesis de maestria, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolqui, Ecuador.
- BACA, U. G. (2010). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A DE C.V.
- BLANK, L., & TARQUIN, A. (2006). *Ingeniería económica*. México, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A DE C.V.
- BOLAÑOS, C. A. (2014). *Optimización de variables energéticas en función de la productividad y competitividad de la industria láctea y caracterización energética y tecnológica del sector*. Tesis de maestria, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- DOW, A. (2018). *Dow Agrosciences*. Retrieved Mayo 10, 2019, from Dow Agrosciences: <https://www.dowagro.com/es-CO/latamnorte/productos/proteccion-de-cultivos/insecticida/lorsban-4-ec.html>

- FULLANA, B. C., & PAREDES, O. J. (2008). *Manual de Contabilidad de Costes*. (G. T. M., Ed.) Madrid, España: Delta, publicaciones Universitarias Primera Edición.
- GONZÁLEZ, N. E. (2004). *Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa servioptica LTDA*. Tesis de pregrado, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- HERRERA, N. G. (2016, Octubre). *Revista Electroindustria*. Retrieved Abril 25, 2019, from Revista Electroindustria: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2878&edi=144&xit=como-prolongar-la-vida-util-de-un-variador-de-frecuencia>
- HORTA, N. L. (2010). *Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América latina y el Caribe*. Santiago, Chile: CEPAL.
- KOONTZ, H., WEHRICH, H., & CANNICE, M. (2012). *Administración Un Perspectiva Global y Empresarial* (14 ed.). México DF: Editorial McGraw-Hill/Interamericana.
- MANTILLA, P. L., & CARDONA, P. J. (s.f.). *Gestión Energética de los motores eléctricos: mejora de la eficiencia de los accionamientos con el uso de variadores de velocidad*.
- MARTÍNEZ, MORALES NATALIA, M., & LISSETH, M. L. (2011). *Propuesta de mejoramiento en la gestión de operaciones de la empresa DACETEX LTDA. para el aumento de su capacidad instalada*. Tesis de pregrado, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- MERCADER, J. (2014). *Se busca... (Libros para entender la crisis): El mercado de trabajo en España*. España: Penguin Random House Grupo Editorial España.
- MEZA, O. J. (2009, Abril 3). *Gestiopolis*. Retrieved Mayo 3, 2019, from Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/evaluacion-financiera-proyectos-proyeccion-precios-corrientes-constant/>
- MONTORO, S. M., MARTIN, D. C., & DIEZ, V. I. (2014). *Economía de La Empresa*. (Cabal Ramos Ignacio, Ed.) Madrid, España: COPYRIGHT 2014 Ediciones Parainfo SA.
- PIÑERO, R. J. (2015). *Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia*. Proyecto fin de carrera, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- RIQUELME, M. (2018, Agosto 30). *Webyempresas*. Retrieved Mayo 3, 2019, from Webyempresas: <https://www.webyempresas.com/tasa-de-retorno-minima/>

- RUIZ, C., & CRIOLLO, A. (2007). *Variador de velocidad para motores de C.A.* Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- SAPAG, C. N. (2007). *Proyectos de Inversion Formulación y Evaluación* (Primera ed.). (C. M. Fernanda, Ed.) México: Pearson Educacion de México S.A de C.V.
- SAPAG, N. C. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación* (2a edición ed.). (I. F. Maluf, Ed.) Santiago de Chile, Chile: Pearson Educación, Chile, 2011.
- TALLA, C. E. (2015). *Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa.* Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú.
- UNID. (2019). *Universidad interamericana para el desarrollo.* Retrieved Mayo 20, 2019, from https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_mdI/ADI/AF/AF/AF01/AF01Lectura.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista aplicado en Dow Química Cartagena

ENTREVISTA

Aplicada a: Dow Química Cartagena

Propósito: conocer el estado actual de la línea de insecticidas y sus posibles problemas.

Lugar: _____ Fecha: _____

Nombre del entrevistado: _____

Sexo: _____ Edad: _____ Profesión: _____

Cargo Actual: _____ Años de experiencia: _____

1. ¿Cree usted que los procesos de producción de la línea de insecticidas se están realizando de manera adecuada?
2. ¿Existen procedimientos para cada proceso de producción de los productos insecticidas?
3. ¿Qué tipo de inconvenientes se presentan con mayor frecuencia en la línea de insecticidas?
4. ¿Cuáles son los procesos que presentan mayor tiempo o cuello de botella, a lo largo de la producción de los productos insecticidas?
5. ¿Se presentan desperdicios en la línea de insecticidas?
6. ¿Encuentra usted oportunidades de mejora en el proceso de la línea de insecticidas?
7. ¿La materia prima es entregada a tiempo por parte de los proveedores?
8. ¿Qué opinión tiene usted acerca de la política de inventario de la empresa?
9. ¿Cómo ve usted la relación de la empresa con los clientes?
10. ¿La empresa ha recibido quejas acerca de la calidad de los productos insecticidas?
11. ¿Cree usted que el producto podría mejorar en algún aspecto?
12. ¿Opina usted que la distribución de la planta es la adecuada para el proceso productivo de productos insecticidas?
13. ¿Cómo es el estado actual de los equipos, tuberías e instrumentación, y herramientas de la línea de insecticidas?
14. ¿Qué opinión tiene usted acerca de la eficiencia de los equipos de la línea de insecticidas?
15. ¿A qué equipo crees que se le debería implementar una mejora?

Fuente: elaboración propia, 2019

Anexo 2. Lista de chequeo Horno de vapor

<i>C187-INSFOR-FUNDIC-17-B-03</i>		<i>EXTRACTOR HORNO DURSBAN INSECTICIDA</i>	
Prio. 3 1 YR, Soplador/Ventilador, PPM CAM/CAB. Reporte técnico 02/28/2018 22:37:25 UTC Mónica González Herrera (ND24597)			
DILIGENCIAR PTS, CHAT, ERGOCARD, RTO 10502 DETALHE M.OBRA *****			
FAMILIA: 10502 EXTRACTORES TAREA: 04 DESC.TAREA: MANTENIMIENTO GRAL CAMPANAS/CABINAS EXTRACTOR			
<ul style="list-style-type: none"> - REV LIMP EQUIPO GRAL: ok - LUB ROD BLOWER : ok - REV DESG ALINEAC-CORREAS: ok - REV DESG ALINEAC-POLEAS: ok - CAMB CORREAS POLEAS S/N: si - AJUSTE GRAL TORNILLERÍA: ok - REV MONTAJE MOTOR : ok - CHEQUEO VIBRAC : N/A - REV TEMPERATURA DE MOTOR: OK - REV AMPERAJE MOTOR: OK - MEDIR RPM MOTOR : 1800RPM - REV CONEX ELÉCT - TOMA DATO PARA LINEA BASE: N/A 	<ul style="list-style-type: none"> - REV LUB AJUSTE DAMPER : OK - VERIF Operación CONJUNTO : OK - REV ASPAS MANZANAS: OK - LIMPIAR FILTRO TRAMPA: N/A - LIMPIAR VALV DRENAJE : N/A - REV LOS ROD CONJUNTO : OK - VERIF UNION FLEXI SUCCION . N/A - VERIF UNION FLEXI DESCARG: N/A - REV ACUMUL POLVO EN DUCTO : N/A - REV ACUMUL CONDENS DUCTO : N/A - REV MANOMET EN CAMPANA: N/A - AISLAM : OK 		
<p>Se realiza el mantenimiento mecánico del blower del horno DURSBAN 17B03, se realiza la limpieza general del motor y el blower, se desmontan las correas para cambio por unas nuevas a correas B51, se verifica la alineación de las poleas la cual se encuentra en buenas condiciones y se montaron las correas nuevas, se verifica la tensión de las correas y se realizan pruebas operativas.</p>			
NOTA: Para mayor comprensión se adjunta reporte técnico más detallado Realizado por Armando Moreno y Juan Villa Fecha: 23-02-2018			

Fuente: Dow Química Cartagena, 2019

Anexo 3. Reporte técnico del motor eléctrico del Horno de Vapor

MOTOR ELETRICO - INSECTICIDA

Reporte técnico:
23/02/2018 19:22:15

DILIGENCIAR PTS, CHAT, ERGOCARD, RTO 10502
DETALHE M.OBRA

FAMILIA: 10502 EXTRACTORES TAREA: 03
DESC.TAREA: MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICO

RESISTENCIA ENTRE BOBINAS USANDO MULTIMETRO FLUKE:

- L1 - L2 = 3.1 OHMIOS
- L1 - L3 = 3.1 OHMIOS
- L2 - L3 = 3.1 OHMIOS

	30S	1M	10M
- L1	355 MΩ	409 MΩ	286 MΩ
- L2	272 MΩ	281 MΩ	420 MΩ
- L3	271 MΩ	276 MΩ	305 MΩ

Posteriormente se realiza conexión del motor y se realizan las mismas mediciones desde el cubículo y obteniendo los siguientes valores:

RESISTENCIA ENTRE BOBINAS USANDO MULTIMETRO FLUKE:

- L1 - L2 = 3.5 OHMIOS
- L1 - L3 = 3.5 OHMIOS
- L2 - L3 = 3.5 OHMIOS

	30S	1M	10M
- L1	290 MΩ	299 MΩ	316 MΩ
- L2	320 MΩ	330 MΩ	346 MΩ
- L3	340 MΩ	345 MΩ	360 MΩ

Se realiza limpieza y medición de conductos a pulsadores star-stop del equipo, se efectúa prueba funcional al motor en vacío funcionando sin anomalías y se mide corriente usando pinza voltiamperimétrica obteniendo los siguientes valores: L1=2.2A, L2=2.3A, L3=2.2A, y se verifican los RPM usando lámparas esteoscópica con valor de 1800 RPM. Se realiza acople del motor y se le realiza prueba con carga, se le mide corriente con carga obteniendo valores: L1=4.3A, L2=4.4A, L3=4.2A.

Se verifica temperatura al motor en funcionamiento obteniendo temperaturas de lado de carga = 37.6°C, lado del motor = 37.2°C, lado ventilador = 27.6°C. Se deja el equipo 100% operativo y entregado a operador de campo Jaime Nova

NOTA: Para mayor comprensión se adjunta reporte técnico más detallado
Realizado por Armando Moreno y Juan Villa
Fecha: 23-02-2018

Fuente: Dow Química Cartagena, 2019

Anexo 4. Detalle de consumo eléctrico por meses en la Empresa DOW QUIMICA CARTAGENA (2018).

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	30,239	51.7%	\$ 9,097,705.54	\$ 300.86	Enero
LAB.AGROQUIMICOS	11,977	20.5%	\$ 3,603,400.22		
INSECTICIDAS	14,867	25.4%	\$ 4,472,885.62		
BODEGA CENTRAL	1,357	2.3%	\$ 408,267.02		
SUB-TOTAL	58,440	100%	\$ 17,582,258.40		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	22,215	48.6%	\$ 7,009,054.65	\$ 315.51	Febrero
LAB.AGROQUIMICOS	9,819	21.5%	\$ 3,097,992.69		
INSECTICIDAS	12,054	26.4%	\$ 3,803,157.54		
BODEGA CENTRAL	1,642	3.6%	\$ 518,067.42		
SUB-TOTAL	45,730	100%	\$ 14,428,272.30		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	32,557	43.2%	\$ 9,684,730.79	\$ 297.47	Marzo
LAB.AGROQUIMICOS	12,058	16.0%	\$ 3,586,893.26		
INSECTICIDAS	29,260	38.8%	\$ 8,703,972.20		
BODEGA CENTRAL	1,568	2.1%	\$ 466,432.96		
SUB-TOTAL	75,443	100%	\$ 22,442,029.21		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	26,573	43.0%	\$ 8,024,248.81	\$ 301.97	Abril
LAB.AGROQUIMICOS	9,842	15.9%	\$ 2,971,988.74		
INSECTICIDAS	23,424	37.9%	\$ 7,073,345.28		
BODEGA CENTRAL	1,962	3.2%	\$ 592,465.14		
SUB-TOTAL	61,801	100%	\$ 18,662,047.97		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	32,574	44.0%	\$ 9,705,097.56	\$ 297.94	Mayo
LAB.AGROQUIMICOS	12,065	16.3%	\$ 3,594,646.10		
INSECTICIDAS	27,770	37.5%	\$ 8,273,793.80		
BODEGA CENTRAL	1,616	2.2%	\$ 481,471.04		
SUB-TOTAL	74,025	100%	\$ 22,055,008.50		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	33,949	45.4%	\$ 10,104,240.87	\$ 297.63	Junio
LAB.AGROQUIMICOS	11,044	14.8%	\$ 3,287,025.72		
INSECTICIDAS	28,220	37.7%	\$ 8,399,118.60		
BODEGA CENTRAL	1,550	2.1%	\$ 461,326.50		
SUB-TOTAL	74,763	100%	\$ 22,251,711.69		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	33,447	45.7%	\$ 10,082,932.62	\$ 301.46	Julio
LAB.AGROQUIMICOS	10,886	14.9%	\$ 3,281,693.56		
INSECTICIDAS	27,274	37.3%	\$ 8,222,020.04		
BODEGA CENTRAL	1,560	2.1%	\$ 470,277.60		
SUB-TOTAL	73,167	100%	\$ 22,056,923.82		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	30,119	43.9%	\$ 8,990,521.50	\$ 298.50	Agosto
LAB.AGROQUIMICOS	12,801	18.7%	\$ 3,821,098.50		
INSECTICIDAS	24,328	35.5%	\$ 7,261,908.00		
BODEGA CENTRAL	1,352	2.0%	\$ 403,572.00		
SUB-TOTAL	68,600	100%	\$ 20,477,100.00		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	32,666	43.3%	\$ 9,599,557.42	\$ 293.87	Septiembre
LAB.AGROQUIMICOS	10,249	13.6%	\$ 3,011,873.63		
INSECTICIDAS	30,681	40.7%	\$ 9,016,225.47		
BODEGA CENTRAL	1,763	2.3%	\$ 518,092.81		
SUB-TOTAL	75,359	100%	\$ 22,145,749.33		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	22,110	39.6%	\$ 6,532,620.60	\$ 295.46	Octubre
LAB.AGROQUIMICOS	10,858	19.4%	\$ 3,208,104.68		
INSECTICIDAS	21,343	38.2%	\$ 6,306,002.78		
BODEGA CENTRAL	1,516	2.7%	\$ 447,917.36		
SUB-TOTAL	55,827	100%	\$ 16,494,645.42		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	20,563	45.2%	\$ 6,170,339.41	\$ 300.07	Noviembre
LAB.AGROQUIMICOS	11,627	25.5%	\$ 3,488,913.89		
INSECTICIDAS	11,756	25.8%	\$ 3,527,622.92		
BODEGA CENTRAL	1,571	3.5%	\$ 471,409.97		
SUB-TOTAL	45,517	100%	\$ 13,658,286.19		

PLANTA AGROQUIMICOS DOW	Consumo (kWh)	%	Monto	Tarifa Industrial	Mes
HERBICIDAS	29,224	47.1%	\$ 9,016,480.72	\$ 308.53	Diciembre
LAB.AGROQUIMICOS	10,834	17.5%	\$ 3,342,614.02		
INSECTICIDAS	20,317	32.8%	\$ 6,268,404.01		
BODEGA CENTRAL	1,624	2.6%	\$ 501,052.72		
SUB-TOTAL	61,999	100%	\$ 19,128,551.47		

Fuente: Dow Química Cartagena, 2018

Anexo 5. Tarifa residencial año 2018

Mes	Cu Nivel 1 OR propietario activos	Cu Nivel 1 OR 50% propietario activos	Cu Nivel 1 Cliente propietario activos	Cu N2	CU N3	Cu N4	SN conectado N2- Medido N1	SN Conectado N3- Medido N1	Alumbrado publico	Mes aproximado de aplicación
dic-17	430,19	413,79	397,39	362,59	341,95	304,65	390,38	369,88	390,38	Enero 2018
ene-18	431,29	414,71	398,13	363,91	343,10	305,65	391,05	370,32	391,03	Febrero 2018
feb-18	418,04	401,47	384,91	350,71	329,95	292,70	377,19	356,49	377,19	Marzo 2018
mar-18	454,88	438,28	421,68	384,98	364,04	326,07	413,93	393,18	413,93	Abril 2018
abr-18	461,83	445,21	428,59	391,25	370,27	332,10	420,84	400,07	420,84	Mayo 2018
may-18	441,70	425,12	408,53	371,53	350,71	312,22	398,81	378,09	397,81	Junio 2018
jun-18	448,89	432,16	415,43	378,19	357,19	318,34	405,65	384,74	404,61	Julio 2018
jul-18	454,24	437,48	420,72	383,56	362,53	323,64	410,92	389,97	409,88	Agosto 2018
ago-18	449,92	433,17	416,43	382,25	361,24	319,37	409,64	388,71	405,60	Septiembre 2018
sept-18	457,24	440,47	423,69	389,21	368,14	326,10	416,92	395,96	412,85	Octubre
oct-18	466,14	449,17	432,20	396,60	375,25	332,51	425,36	404,15	421,23	Noviembre 2018
nov-18	466,73	449,63	432,54	394,61	373,08	335,63	424,00	402,64	425,53	Diciembre 2018

Cu: costo unitario de prestación del servicio
 OR : Operador de red
 SN : Subnormal

Fuente: Electricaribe, 2018

Anexo 6. Tarifa residencial año 2019

Mes	Cu Nivel 1 OR propietario activos	Cu Nivel 1 OR 50% propietario activos	Cu Nivel 1 Cliente propietario activos	Cu N2	CU N3	Cu N4	SN conectado N2- Medido N1	SN Conectado N3- Medido N1	Alumbrado publico	Mes aproximado de aplicación
Dec-18	460,89	443,79	426,68	389,06	367,53	330,15	418,14	396,76	419,68	Enero 2019
Ene-19	468,39	451,30	434,21	394,59	372,97	335,09	425,69	404,34	427,24	Febrero 2019
Feb-19	517,21	500,08	482,95	438,37	416,49	375,91	473,55	452,14	473,55	Marzo 2019
Mar-19	532,38	515,22	498,07	451,79	429,78	388,71	488,64	467,20	488,64	Abril 2019

Cu: costo unitario de prestación del servicio
 OR : Operador de red
 SN : Subnormal

Fuente: Electricaribe, 2019

Anexo 7. Cargas realizadas en el horno de vapor en el año 2018

DAY	AÑO	MES	Material	Material Description	Qty in UnE	UNE	Batch	Order
5	2018	01. ENERO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I14000	3001478654
9	2018	01. ENERO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I19005	3001479955
18	2018	01. ENERO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I14000	3001482551
20	2018	01. ENERO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	6,360.00	L	A940I1H003	3001481456
2	2018	02. FEBRERO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I21001	3001484652
16	2018	02. FEBRERO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I2F001	3001488362
1	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	22,163.00	L	A940I31001	3001490447
3	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I37001	3001491355
5	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I39001	3001491841
7	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	27,041.00	L	A940I38002	3001491358
9	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3E001	3001491844
11	2018	03. MARZO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I3G000	3001491860
13	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3F009	3001491848
15	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I39001	3001491841
17	2018	03. MARZO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I3G004	3001493182
19	2018	03. MARZO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I3L002	3001494911
21	2018	03. MARZO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I3I007	3001493183
23	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3M002	3001491854
25	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3P000	3001491858
27	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3M002	3001491854
30	2018	03. MARZO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3S000	3001491846
4	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I3S000	3001498500
6	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I47098	3001498365
8	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I47099	3001498364
10	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I4J002	3001499558
12	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I4L006	3001499562
14	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I4M005	3001499564
16	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I4N006	3001499565
18	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940H8C098	3001498322
22	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I4M005	3001499564
26	2018	04. ABRIL	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	19,100.00	L	A940I4Q002	3001499571
3	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I4Q002	3001503015
8	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I5A001	3001504570
12	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I5C001	3001504571
15	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I5F002	3001503291
17	2018	05. MAYO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I5G001	3001504597
19	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I5H000	3001503273
21	2018	05. MAYO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I5K000	3001504600
30	2018	05. MAYO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I5U000	3001505939
2	2018	06. JUNIO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	5,150.00	L	A940I5V001	3001507354
11	2018	06. JUNIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I69005	3001508122
13	2018	06. JUNIO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I5K000	3001509179
15	2018	06. JUNIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I69005	3001508122
18	2018	06. JUNIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I6F000	3001509401
20	2018	06. JUNIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I6K000	3001510057

7	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I76003	3001511746
10	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I7A007	3001514012
12	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,373.00	L	A940I7C006	3001514013
16	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I7F000	3001514019
18	2018	07. JULIO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940I7I000	3001514893
20	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I7F000	3001514019
22	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I7K000	3001514896
24	2018	07. JULIO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I7L000	3001514898
30	2018	07. JULIO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I7U004	3001515552
1	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I81001	3001515553
5	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I86005	3001519268
10	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I8C002	3001520154
12	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8A004	3001519273
16	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I8A004	3001519273
18	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8H002	3001520158
20	2018	08. AGOSTO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I8I000	3001520688
22	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8I009	3001520159
24	2018	08. AGOSTO	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8O003	3001520164
26	2018	08. AGOSTO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8Q003	3001520901
30	2018	08. AGOSTO	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	9,500.00	L	A940I8U003	3001520904
1	2018	09. SEPTIEMBRE	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I8U003	3001520904
9	2018	09. SEPTIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I98002	3001522396
11	2018	09. SEPTIEMBRE	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I9C005	3001522890
13	2018	09. SEPTIEMBRE	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I9C005	3001522890
22	2018	09. SEPTIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I9K001	3001522901
27	2018	09. SEPTIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I9Q003	3001525086
29	2018	09. SEPTIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I9S006	3001525090
6	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940I9S006	3001526815
8	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940IA6001	3001526574
12	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940IA6001	3001526574
16	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	19,100.00	L	A940IAE000	3001527259
18	2018	10. OCTUBRE	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940IAI000	3001529146
20	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I6I080	3001529506
22	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940I6I080	3001529506
30	2018	10. OCTUBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	22,572.00	L	A940IAV000	3001530647
4	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940IC4000	3001538817
6	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940IC6008	3001538818
8	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940IC6008	3001538818
10	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICA006	3001539217
12	2018	12. DICIEMBRE	105850	LATIGO BLKBLK1L SPN	8,900.00	L	A940ICB002	3001539325
14	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICD000	3001539303
19	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICD000	3001539303
21	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICM000	3001539316
23	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940ICN000	3001539312
25	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICM000	3001539316
27	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	25,470.00	L	A940ICR003	3001539323
29	2018	12. DICIEMBRE	107898	TRAPPEREC BLKBLK1L SPN	9,264.00	L	A940ICS000	3001539321

Fuente: Dow Química Cartagena, 2018

Anexo 8. Ficha técnica del variador de velocidad ATV312

Ficha técnica del producto **ATV312HU40M3**

Características

variador de velocidad ATV312 - 4 kW - 8,4 kVA -
180 W - 200..240 V - trifásico



dad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Principal

Gama de producto	Altivar 312
Tipo de producto o componente	Variador de velocidad
Destino del produc	Motores asíncronos
Aplicación específica de producto	Máquina simple
Estilo de conjunto	Con disipación de calor
Nombre de componente	ATV312
Potencia del motor en KW	4 kW
Potencia del motor en HP	5 hp
[Us] tensión de alimentación asignada	200...240 V (- 15...10 %)
Frecuencia de alimentación	50...60 Hz (- 5...5 %)
Número de fases de la red	3 fases
Corriente de línea	24.2 Afor 200 V, 5 kA 21.1 Afor 240 V
Filtro CEM	Sin filtro CEM
Potencia aparente	8.4 kVA
Máxima corriente transitoria	26.3 A para 60 s
Potencia disipada en W	180 W en carga nominal
Rango de velocidades	1...50
Perfil de control de motor asíncrono	Definido de fábrica: torque constante Control de vector de flujo sin detector con señal control de motor de tipo PWM
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	L1, L2, L3, U, V, W, PA, PB, PA+, PC/- Terminal 5 mm ² AWG 10 AI1, AI2, AI3, AOV, AOC, R1A, R1B, R1C, R2A, R2B, LI1...LI6 Terminal 2.5 mm ² AWG 14
Suministro	Alimentación interna para entradas lógicas en 19...30 V, <= 10 mAfor protección de sobrecarga y cortocircuito Alimentación interna para potenciómetro de referencia (2,2-10 kOhmios) en 10...10.8 V, <= 10 mAfor protección de sobrecarga y cortocircuito

abilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabili

Protocolo del puerto de comunicación	CANopen Modbus
Grado de protección IP	IP20 sobre la parte superior sin placa cubierta IP21 en terminales de conexión
	IP31 sobre la parte superior IP41 sobre la parte superior
Tarjeta opcional	Encadenamiento CANopen tarjeta de comunicación DeviceNet tarjeta de comunicación Fipio tarjeta de comunicación Modbus TCP tarjeta de comunicación Profibus DP tarjeta de comunicación

Complementario

Límites tensión alimentación	170...264 V
Frecuencia de red	47,5...63 Hz
Corriente de cortocircuito de la red	5 kA
Corriente de salida en continuo	17.5 A en 4 kHz
Frecuencia de salida	0...500 kHz
Frecuencia de conmutación nominal	4 kHz
Frecuencia de conmutación	2...16 kHz regulable
Sobrepasar transitorio	170...200 % Par nominal del motor
Par de frenado	100 % con resistor de freno continuo 150 % sin resistencia de frenado 150 % with braking resistor for 60 s
Bucle de regulación	Regulador de frecuencia PI
Compensación desliz. motor	Regulable Automático sea cual sea la carga Suprimible
Tensión de salida	<= de la potencia de la tensión de alimentación
Par de apriete	1.2 N.m L1, L2, L3, U, V, W, PA, PB, PA+/, PC/- 0.6 N.m AI1, AI2, AI3, AOV, AOC, R1A, R1B, R1C, R2A, R2B, LI1...LI6
Aislamiento	Eléctrico entre alimentación y control
Número de entrada analógica	3
Tipo de entrada analógica	AI1 tensión configurable 0...10 V, tensión de entrada 30 V max, impedancia 30000 Ohm AI2 tensión configurable +/- 10 V, tensión de entrada 30 V max, impedancia 30000 Ohm AI3 corriente configurable 0...20 mA, impedancia 250 Ohm
Duración de muestreo	AI1, AI2, AI3 8 msfor analógica LI1...LI6 4 msfor discreta
Tiempo respuesta	AOV, AOC 8 ms para analógica R1A, R1B, R1C, R2A, R2B 8 ms para discreta
Error lineal	+/-0.2 % para salida
Número de salida analógica	1
Tipo de salida analógica	AOC corriente configurable 0...20 mA, impedancia 800 Ohm, resolución 8 bits AOV tensión configurable 0...10 V, impedancia 470 Ohm, resolución 8 bits
Entrada lógica	(LI1...LI4) entrada lógica no cableada, < 13 V (estado 1) (LI1...LI6) lógica negativa (fuente), > 19 V (estado 0) (LI1...LI6) lógica positiva (source), < 5 V (estado 0), > 11 V (estado 1)
Número de salida digital	2
Salida discreta	(R1A, R1B, R1C) lógica relé configurable 1 NA + 1 NC, durabilidad eléctrica 100000 cycles (R2A, R2B) lógica relé configurable NC, durabilidad eléctrica 100000 cycles
Corriente mínima de conmutación	R1-R2 10 mA en 5 V CC
Intensidad de conmutación máxima	R1-R2 on inductive load, 2 A at 250 V AC, (cos phi = 0.4, and L/R = 7 ms) R1-R2 on inductive load, 2 A at 30 V DC, (cos phi = 0.4, and L/R = 7 ms) R1-R2 on resistive load, 5 A at 250 V AC, (cos phi = 1, and L/R = 0 ms) R1-R2 on resistive load, 5 A at 30 V DC, (cos phi = 1, and L/R = 0 ms)

Número de entrada digital	6
Entrada discreta	(LI1...LI6) programable, 24 V 0...100 mA con PLC, impedancia 3500 Ohm
Rampas de aceleración y deceleración	Lineal ajustable por separado de 0,1 a 999,9 s S, U o personalizado
Frenado hasta parada	Mediante inyección de CC
Tipo de protección	Interrupc fase entrada variador de velocidad Circuitos de seguridad de sobretensión o subtensión de alimentación de línea variador de velocidad Función de seguridad pérdida alimentación de línea, para alimentación trifásica variador de velocidad Interrups fase motor variador de velocidad Sobretensión entre fases de salida y tierra (sólo al encender) variador de velocidad Protección contra sobrecalentamiento variador de velocidad Cortocircuito entre fases del motor variador de velocidad Protección térmica motor
Resistencia de aislamiento	>= 500 mOhm en 500 V CC para 1 minuto
Señalizaciones en local	1 LED rojo para tensión unidad Cuatro unidades de pantalla de 7 segmentos para estado bus CANopen
Constante de tiempo	5 ms para cambio de referencia
Resolución de frecuencia	Entrada analóg. 0.1...100 Hz Unidad visualización 0.1 Hz
Tipo de conector	1 RJ45 Modbus/CANopen
Interface física	Enlace serie de multipunto RS485
Trama de transmisión	RTU
Velocidad de transmisión	10, 20, 50, 125, 250, 500 kbps or 1 Mbps CANopen 4800, 9600 o 19200 bps Modbus
Número de direcciones	1...247 Modbus 1...127 CANopen
Número de unidad	127 CANopen 31 Modbus
Marcado	CE
Posición de funcionamiento	Vertical +/- 10 grados
Dimensión exterior	184 x 140 x 150 mm
Altura	184 mm
Anchura	142 mm
Profundidad	152 mm
Peso del producto	2,9 kg

Entorno

Fuerza dieléctrica	2040 V DC entre tierra y terminales de potencia 2880 V CA entre control y terminales de potencia
Compatibilidad electromagnética	Prueba de inmunidad oscilatoria/ráfagas eléctrica acorde a IEC 61000-4-4 nivel_4 Prueba de inmunidad ante descarga electrostática acorde a IEC 61000-4-2 nivel_3 Prueba de inmunidad de la radiofrecuencia radiada del campo electromagnético acorde a IEC 61000-4-3 nivel_3 Prueba de inmunidad de pico de tensión 1,2/50 µs - 8/20 µs acorde a IEC 61000-4-5 nivel_3
Normas	IEC 61800-3 IEC 61800-5-1
Certificaciones de producto	CSA C-Tick DNV GOST NOM UL
Grado de contaminación	2
Tratamiento de protección	TC
Resistencia a las vibraciones	1.5 mm (estado 1) 3...13 Hz acorde a EN/IEC 60068-2-6 1 gn (estado 1) 13...150 Hz acorde a EN/IEC 60068-2-6

Resistencia a los choques	15 gn para 11 ms acorde a EN/IEC 60068-2-27
Humedad relativa	5...95 % sin condensación acorde a IEC 60068-2-3 5...95 % sin goteo de agua acorde a IEC 60068-2-3
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10...50 °C sin desclasificación con cubierta protectora en partes superior del motor -10...60 °C con factor de desclasificación de la capacidad sin cubierta protectora en parte superior motor
Altitud máxima de funcionamiento	<= 1000 m sin desclasificación 1000...3000 m con desclasificación de corriente del 1% por 100 m

Sostenibilidad de la oferta

Estado de la oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Conforme - desde 0913 - Declaración de conformidad de Schneider Electric Declaración de conformidad de Schneider Electric
REACH	La referencia no contiene SVHC por encima del umbral La referencia no contiene SVHC por encima del umbral
Perfil ambiental del producto	Available Perfil ambiental del producto
Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	Available

Garantía contractual

Warranty period	18 Meses
-----------------	----------

Fuente: Schneider Electric, 2019