



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes Gestión Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE
SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE
COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO
DE ESCUINTLA**

Ing. Abidán Luciano Maldonado de León
Asesorado por el Dr. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE
SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE
COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO
DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. ABIDÁN LUCIANO MALDONADO DE LEÓN
ASESORADO POR EL DR. GILMAR OBDULIO TRONCONI SANDOVAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Walter Darío Caal Mérida
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Brenda Zulema Sierra Belches
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 14 de enero de 2022.



Ing. Abidán Luciano Maldonado de León

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.454.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por: **Ing. Abidán Luciano Maldonado de León**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Decana

Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2023

LNG.EEP.OI.454.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”

presentado por **Ing. Abidán Luciano Maldonado de León** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Edm
“Id y Enseñad a Todos”

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
ESCUELA DE POSTGRADO



Guatemala, 10 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA** del estudiante **Abidán Luciano Maldonado de León** quien se identifica con número de carné **199919829** del programa de Maestría En Gestión Industrial.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador
Maestría En Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 10 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: "**IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO Y ENERGÍA PARA MEDICIÓN DE SERVICIOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COSTOS Y RENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**" del estudiante **Abidán Luciano Maldonado de León** del programa de **Maestría En Gestión Industrial** identificado(a) con número de carné 199919829.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.


Ing. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval, Ph.D.
Ingeniero Agroindustrial, Colegiado No. 606
Doctor en Tendencias en Biotecnología
y Ciencias Alimentarias

Dr. Ing. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval
Colegiado No. 606
Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi creador y Salvador. Por ser una influencia en mi vida, entre otras cosas.
Mi madre	Elida de León. Por su amor, apoyo y su confianza; por ser la excelente madre que es.
Mis hermanos	Dany Maldonado (q. d. e. p.) y Samy Maldonado. Porque sin ellos no podría estar aquí. Gracias a su apoyo incondicional.
Mi esposa	Wendy García. Por su amor y su apoyo en mis decisiones, por ser parte fundamental de mi vida e inspirarme a ser mejor cada día.
Mis hijos	Estefany, Paulina y Luciano Maldonado. Por ser ángeles que iluminan todos los días de mi vida.
Mis tíos	Isaías de León (q. d. e. p.) Walter, Lucinda, Amparo y Vidal de León. Por su apoyo, cariño y palabras de aliento en todo momento.
Mis abuelitas	Paulina Escobar (q. d. e. p.) y Vitalia de León (q. d. e. p.). Por ser parte importante de mi infancia y tener excelentes recuerdos de ellas.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por formarme como profesional y otorgarme el privilegio de graduarme de esta gloriosa casa de estudios.
- Facultad de Ingeniería** Por los conocimientos que me brindó como estudiante y permitirme cumplir esta meta.
- Mi asesor** Dr. Gilmar Tronconi. Por su tiempo, apoyo, y por guiarme en este trabajo de graduación.
- Mis familiares** Por sus palabras de aliento y motivación para que siguiera adelante con mis metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS	XIX
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Metrología	1
1.1.1. Metrología de flujo y volumen	3
1.2. Medición de flujo	4
1.2.1. Flujo másico	6
1.2.2. Flujo volumétrico	6
1.2.3. Ecuación de volumen de continuidad	7
1.3. Tipos de medidores de flujo	9
1.3.1. Medidor de flujo placa de orificio	9
1.3.2. Medidor de flujo de Tobera	10
1.3.3. Medidor de flujo tubo Venturi	11
1.3.4. Medidor de flujo tubo de Pitot	12
1.3.5. Medidor de flujo tipo turbina	13
1.3.6. Medidor de flujo electromagnético	14
1.3.7. Medidor de flujo ultrasónico	15
1.3.8. Medidor de caudal vortex	16

1.4.	Metrología de energía eléctrica	17
1.5.	Proceso de medición.....	18
1.6.	Base de datos	18
1.7.	Costos de producción.....	19
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	25
3.1.	Objetivo 1. Determinar los servicios de una línea de producción que se van a medir, al mismo tiempo asociar las dimensionales de medición	25
3.1.1.	Medición de agua	25
3.1.2.	Medición de aire comprimido.....	27
3.1.3.	Medición de dióxido de carbono CO ₂	28
3.1.4.	Medición de energía eléctrica.....	29
3.2.	Objetivo 2. Investigar sobre los medidores de flujo y energía para la medición de servicios, como se contabilizan estos datos	30
3.2.1.	Medición de agua, aire comprimido y CO ₂	30
3.2.2.	Medición de energía eléctrica.....	33
3.3.	Objetivo 3. Acumular los datos de consumos de servicios para determinar el costo unitario del producto fabricado.....	34
3.3.1.	Base de datos del graficador o concentrador de datos	34
3.3.2.	Base de datos del medidor de energía.....	36
3.4.	Objetivo general. Implementar un sistema de medición de servicios principales, por medio de medidores de flujo y energía para el cálculo de costos y rentabilidad de cada producto en la una línea de producción	38

3.4.1.	Cálculo del costo de servicios método actual	38
3.4.2.	Cálculo del costo de servicios con método sugerido.....	44
3.4.3.	Costos de la implementación.....	47
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	REFERENCIAS	57
	APÉNDICES	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Área transversal	4
2. Tubería disminución de diámetro	7
3. Medidor de flujo placa de orificio	10
4. Medidor de flujo de Tobera	11
5. Medidor de flujo tubo Venturi.....	12
6. Medidor de flujo tubo Pitot.....	13
7. Medidor flujo tipo turbina	14
8. Medidor de flujo electromagnético.....	15
9. Medidor de caudal ultrasónico	16
10. Medidor de caudal vortex	17
11. Medidor de flujo de agua.....	26
12. Medidor de flujo para aire comprimido	27
13. Medidor de flujo para CO2	28
14. Medidor de energía eléctrica	29
15. Graficador o concentrador de datos	31
16. Planos eléctricos concentrador de datos y medidores de flujo.....	32
17. Base de datos graficador.....	35

TABLAS

I. Cuadro de variables e indicadores	XXII
II. Base de datos del graficador en Excel	35
III. Base de datos en Excel de medición de energía	37

IV.	Consumos y costos de servicios totales de un mes (simulados)	39
V.	Asignación de costos de servicios por línea (simulados), método actual	40
VI.	Costos fijos (simulados), método actual.....	41
VII.	Costos variables (simulados)	42
VIII.	Cálculo de costos totales (simulados) y utilidades método actual	43
IX.	Costos de servicios método sugerido	44
X.	Costos fijos método sugerido.....	45
XI.	Cálculo de costos totales y utilidades método sugerido.....	46
XII.	Costos de implementación.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Δ	Delta, desplazamiento
Q	Flujo Masico
Z	Flujo Volumétrico
l/s	Litros sobre segundos
m	Masa
m^3/min	Metros cúbicos sobre minutos
m^3/s	Metros cúbicos sobre segundos
R^2	Radio cuadrado
π	Signo que equivale al número 3,1416 aproximadamente
t	Tiempo
V	Volumen del fluido

GLOSARIO

A	Área
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ALCA	Área de libre comercio de las Américas
Caudal	Cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.
CIG	Cámara de Industria de Guatemala
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
Contabilidad de Costos	Es una técnica contable que tiene como finalidad crear un sistema de información que permita conocer cuál es el coste de los productos fabricados.
Costos	El costo o coste es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.
Diámetro	Línea recta que pasa por el centro del círculo y termina por ambos extremos en la circunferencia.

Electromagnético	Se dice de las radiaciones de fotones o partículas de diferentes energías que tienen en común su forma de transmisión ondulatoria y su velocidad de transmisión, que es la de la luz, variando su frecuencia (número de vibraciones por segundo).
Energía	Es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas.
Evaluación	El proceso de obtener evidencias (medición) que nos permita juzgar (juicio) el grado de logro (congruencia) de los objetivos de aprendizaje. Las nuevas acepciones señalan a la evaluación como fuente de información para la toma de decisiones.
Flujo	En la disciplina de la física, el flujo se refiere a la cantidad de masa de líquido que circula por una tubería.
Gasto	Es la utilización o consumo de un bien o servicio a cambio de una contraprestación, se suele realizar mediante una cantidad saliente de dinero.
GREFAL	Gremial de Fabricantes de Alimentos.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Líquido	Es un cuerpo con volumen constante cuyas moléculas, al presentar una cohesión reducida, se adaptan al formato del recipiente que las cobija.
Masa	Es la cantidad de materia o sustancia que posee un cuerpo u objeto material.
Metrología	Es la ciencia que se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica.
Metodología	Ciencia del método y conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.
Proceso	Es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado.
Proceso industrial	Es todo aquel que convierte una materia prima en un bien o producto final. Generalmente el bien es producido en masa y se destina al consumo para un gran público objetivo.
Productividad	Se encarga de medir y calcular el total de bienes y servicios que han sido producidos por cada factor

utilizado (tierra, trabajo, capital, tiempo, entre otros) durante un periodo determinado, es decir, la productividad nos permite saber lo que produce un trabajador en una hora, en un día o incluso en un mes.

Rentabilidad

Es la capacidad que tiene un negocio para aprovechar sus recursos y generar ganancias o utilidades; para medirla se utilizan indicadores financieros que evalúan la efectividad de la administración de la organización.

Tubería

Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

Tubo

Objeto cilíndrico, hueco y alargado que está abierto por uno o por los dos extremos.

Tubo Pitot

El tubo de Pitot es adecuado para la medición de líquidos de fase única que llenan completamente la sección transversal del tubo. En la industria se utiliza el tubo de Pitot para la medición de caudal de fluidos limpios, principalmente gases vapores.

Tubo Venturi

Dispositivo diseñado para medir la velocidad de un fluido en el interior de un conducto. Tiene una sección más estrecha, en la que el fluido experimenta una disminución de presión de acuerdo con el efecto Venturi.

Volumen

Es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se llevó a cabo en una línea de producción de bebidas y en la cual se implementaron equipos de medición de flujo y energía que sirvieron para el cálculo de los consumos de servicios, los cuales fueron de gran ayuda para el cálculo de costos y rentabilidad de una bebida en específico en una línea de producción de la planta de alimentos en el departamento de Escuintla.

El principal objetivo del estudio fue implementar una herramienta que acumule los consumos de servicios principales que consume una línea de producción para la elaboración de bebidas.

Para realizar la investigación se identificaron cinco variables que fueron: energía eléctrica, agua, aire comprimido, CO₂; las cuales fueron medidas con el empleo de medidores de energía y de flujo, para recolectar datos de los consumos de servicios se resguardaron en una base de datos, se analizaron, y se determinó el cálculo de consumos de servicios.

Los resultados que brindó la investigación fueron que la implementación de los medidores de flujo y energía eléctrica. Además, ayuda a determinar el cálculo de los costos de servicios en una línea de producción de bebidas, y con estos datos se pueden calcular los costos totales, así como, el % de rentabilidad.

La importancia de esta investigación radica en la propuesta de un método para el cálculo de los costos de consumos de servicios que traerá beneficios, ya que al tener un histórico de estos consumos se pueden tomar mejores decisiones

en el ahorro de los consumos de servicios para mejorar la productividad de las líneas de producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto y descripción

En la industria es muy importante medir todo aquello que forma parte de los costos, costos variables y costos fijos, por ejemplo, mantenimiento, sueldos, materia prima, energía eléctrica, entre otros. Si en la industria no se mide todo aquello que forma parte de los costos, podrán tener mal manejo de las rentabilidades de los productos, donde pueden suceder dos cosas: que un producto en realidad no sea rentable y siga su producción, o un producto es rentable y no siga su producción, por consecuencia de que no se calculan bien estos costos.

- Preguntas de investigación

La falta de medición de consumos de servicios en la industria alimenticia causa serios problemas de malos cálculos de costos de cada producto terminado para poder determinar el precio unitario del producto, por ello se ve la necesidad de poder medir los consumos de estos servicios.

- Pregunta central

¿Cómo realizar mediciones de servicios principales para el cálculo de costos y rentabilidad?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cómo determinar los servicios principales que se pueden medir en una línea de producción?
 - ¿Qué son los medidores de flujo y de energía, y cual método utilizan para la medición de variables?
 - ¿Cómo realizar una base de datos para calcular el costo unitario de un producto terminado?

OBJETIVOS

General

Implementar un sistema de medición de servicios principales, por medio de medidores de flujo y energía para el cálculo de costos y rentabilidad de cada producto en la una línea de producción.

Específicos

- Determinar los servicios de una línea de producción que se van a medir, al mismo tiempo asociar las dimensionales de medición.
- Investigar sobre los medidores de flujo y energía para la medición de servicios, como se contabilizan estos datos.
- Acumular los datos de consumos de servicios para determinar el costo unitario del producto fabricado.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

La metodología de investigación que se utilizó posee un enfoque mixto, ya que está basado en la determinación de los servicios por medir para calcular su consumo lo cual permitió calcular los costos de estos servicios y, al determinar estos costos, se puede definir si un producto es rentable para la empresa.

El diseño fue no experimental ya que la información fue obtenida a través de medidores de flujo y energía, la implementación está dando valores reales de los servicios.

El alcance de la investigación fue de tipo descriptivo, ya que tiene como objetivo medir los consumos de servicios en cada línea de producción y, con base en esto, realizar los cálculos de costos de cada producto y de su rentabilidad.

La unidad de análisis fue la medición de consumo de servicios, del cual se obtendrán los consumos reales de cada servicio y que se pueda calcular el costo de cada servicio por unidades producidas. Para esta investigación se realizó en una línea de producción de bebidas.

Las variables que se utilizaron para el análisis de esta investigación fueron:

Tabla I. Variables e indicadores

Nombre de la variable	Definición teórica	Definición práctica	Indicador
• Proceso industrial por medir.	• Un proceso industrial es todo aquel que convierte una materia prima en un bien o producto final.	• En nuestra implementación se evaluarán los procesos productivos para determinar el mejor diseño e implementación de las mediciones	• Conocimiento del proceso industrial • Análisis de las variables de flujo y energía por medir • Técnicas y normas aprobadas para el proceso
• Selección de los medidores de flujo y energía por utilizar	• Establecer parámetros y criterios para el uso de medidores de flujo y energía en una planta de producción de alimentos.	• Este diseño se basará en experiencias pasadas y en la verificación de documentación dada por el fabricante de medidores.	• Condiciones para la instalación del medidor. • Determinación de tipo de medidor de flujo y energía.
• Tipos de medidores de flujo y energía	• Los medidores de flujo mejoran las operaciones dentro del diseño y la construcción de plantas de producción, y hay diferentes aplicaciones y tipos de medidores de flujo y energía	• Dependiendo la variable por medir y el lugar de medición se determinará el tipo de medidor por utilizar.	• Determinación de tipo de medidor de flujo y energía
• Contabilizar flujo y energía	• La medición de flujo y energía consiste en poder determinar la cantidad de material que pasa por un tubo o un cable conductor en una unidad de tiempo	• Al determinar esta contabilización ya es más práctico realizar el cálculo de consumos de cada variable de servicio medida.	• ¿Cómo contabilizar?
• Cálculo de costos de servicios	• Los costos de producción son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento.	• Calcularemos los costos que consume de cada servicio en una línea de producción	• Fórmulas de costos.

Fuente: elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en la implementación de medidores de flujo y energía para la medición de servicios principales de una línea de producción, donde se calcularon los costos y la rentabilidad de un producto en una línea de producción de una planta de bebidas ubicada en el departamento de Escuintla, que se dedican a la fabricación y envasado de bebidas.

Actualmente la empresa en estudio se dedica a la fabricación y envasado de bebidas, cuenta con varias líneas de producción. Estos productos están enfocados a cualquier segmento de mercado.

La empresa es una corporación grande, en la cual se implementó un sistema de planificación de recursos empresariales, por medio de la cual surge la necesidad de realizar las mediciones de servicios para poder calcular los costos de sus productos de una manera más eficiente, por ello se implementó este sistema de medición que permitió calcular los costos reales de los servicios de cada unidad producida de una bebida en específico

El presente informe de investigación está conformado por cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

El capítulo uno, presenta el marco teórico, en el que se analizó la información teórica necesaria para conocer las mediciones de servicios en una planta de bebidas, los principales servicios por medir contabilidad de costos y bases de datos.

En el capítulo dos, se presenta el desarrollo de la investigación. Esta se llevó a cabo con ayuda de la observación participativa y no participativa del investigador, se enfoca específicamente en la medición de los servicios que se consumen en la planta y el cálculo de los costos de estos servicios, los que se aplicaron al costo por unidad producida.

El capítulo tres, presenta los resultados de la investigación, estos se plantearon con base en los objetivos específicos y el objetivo general, los cuales se deben cumplir en su totalidad para obtener los resultados deseados.

En el capítulo cuatro, conforme a los resultados obtenidos se presenta la discusión de resultados de forma descriptiva, en la discusión de resultados se explica detalladamente el cumplimiento de los objetivos específicos y el objetivo general planteados para la investigación, en el que se realizó un análisis interno y un análisis externo de la empresa.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Metrología

La metrología es la ciencia y la tecnología de la medición, incluido el estudio, el mantenimiento y el uso de los sistemas de metrología. Trabaja en la ciencia, la industria y el derecho, como en cualquier otro campo que demande la sociedad. Su objetivo principal es obtener y expresar valores cuantitativos que garanticen la trazabilidad del proceso y la precisión requerida para lograr cada situación individual; utilizando herramientas, métodos y medios apropiados. (Equipos, 2021, parr. 1)

La metrología tiene dos características muy importantes el resultado de la medición y la incertidumbre de medida. Con estas dos características se puede determinar si algún instrumento de medición es apto para las mediciones que se diseñó y la incertidumbre de medida amplía la información sobre el resultado del análisis y suele expresarse en valor absoluto.

“Los físicos y las industrias utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo sus mediciones. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros hasta potentes microscopios, medidores de láser e incluso avanzadas computadoras muy precisas” (Equipos, 2021, parr. 2).

Por otra parte, la metrología es parte fundamental de lo que en los países industrializados se conoce como Infraestructura Nacional de la Calidad, compuesta además por las actividades de: normalización, ensayos, certificación y acreditación, que a su vez son dependientes de las actividades metrológicas que aseguran la exactitud de las mediciones que se efectúan en los ensayos, cuyos resultados son la evidencia para las certificaciones. La metrología permite asegurar la comparabilidad internacional de las mediciones y por tanto la intercambiabilidad de los productos a escala internacional. (Equipos, 2021, parr. 3)

Con la ayuda de la metrología, los valores cuantitativos se determinan y expresan con precisión, y se utilizan varios métodos, herramientas y técnicas para lograr los resultados deseados. La metrología cotidiana permite la relación con el entorno y comprenderlo, así como controlarlo. Para ello, constantemente se realizan mediciones que contribuyen al trabajo diario.

“En el ámbito metrológico los términos tienen significados específicos y éstos están contenidos en el vocabulario internacional de metrología [VIM]” (Equipos, 2021, parr. 4).

La industria y la ciencia necesitan de la metrología. Los esfuerzos de acreditación, certificación y estandarización; son esenciales para garantizar la precisión de los resultados y garantizar el intercambio y la comparación internacionales. Las empresas que tienen certificaciones tienen la obligación de realizar calibraciones de sus instrumentos una vez al año con patrones estandarizados internacionalmente.

Hay varias áreas dentro de la metrología. Por ejemplo, la tecnología de medición eléctrica examina las mediciones eléctricas: voltaje (o tensión), corriente (o amperaje), reactancia, resistencia, impedancia, entre otros. Esta consta de tres áreas: termometría, frecuencia y tiempo, y mediciones electromagnéticas. (Equipos, 2021, parr. 5)

1.1.1. Metrología de flujo y volumen

Básicamente la tecnología de medida de volumen se refiere a la calibración de medidas o envases volumétricos, y consiste en determinar el volumen que puede contener o dispensar el envase después de un tiempo de caducidad, según para qué está diseñado. Las aplicaciones para la medición de caudal y volumen son muy diversas, pueden ir desde la medición de volumen de hidrocarburos en procesos de transferencia, hasta aplicaciones relacionadas con la espectrofotometría de gases. El requisito de medición varía desde microlitros, hasta la determinación del volumen en recipientes de un millón de litros.

El flujo es la tercera unidad más medida en los procesos industriales. Las aplicaciones son muchas, desde las más sencillas, como la medición de flujo de agua en estaciones de tratamiento y residencias, hasta medición de gases industriales y combustibles, pasando por mediciones más complejas. (Tecnología, 2019, parr. 1)

La elección correcta de un dispositivo, en particular para la medición de flujo, depende de varios factores. Estos incluyen:

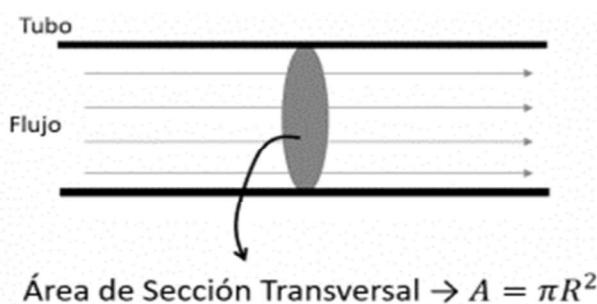
- Precisión de medición requerida.

- Tipo de fluido: limpio o sucio, líquido o gas, número de etapas, transparencia, conductividad eléctrica, entre otros.
- Condiciones termodinámicas: presión del medidor y niveles de temperatura requeridos.
- Espacio para la instalación mecánica.
- Precio, entre otros.

1.2. Medición de fujo

El caudal o flujo es una de las variables o cantidades físicas más habituales que se pueden encontrar en la industria alimenticia, por lo que tener una buena medición y poder controlarla, es fundamental y genera una mejor expectativa en los controles críticos de todos los procesos industriales; pero para eso se necesita entender un poco sobre la definición que existe para nombrar la variable de flujo. “La medición de flujo o caudal consiste en poder determinar la cantidad de material que pasa por un tubo en una unidad de tiempo” (Castaño, 2020, parr. 4).

Figura 1. ÁREA TRANSVERSAL



Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

Hay que considerar que la medición de caudal de fluidos es un proceso muy complejo, ya que otras variables independientes pueden tener una influencia decisiva en el comportamiento de los caudalímetros, en algunos casos también se ve influenciada por instalaciones mecánicas mal realizadas, que provocan distorsiones en la zona de medición del caudal; remolinos y vibraciones.

Es posible instalar equipos de medición de caudal y la operación correcta proporciona precisión dentro del 5 % del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una precisión del 2 % y algunos afirman una precisión superior al 0,5 %. el precio es a menudo uno de los factores importantes cuando se requiere alta precisión

En la mayoría de las aplicaciones industriales, como es el control de procesos, donde la medición del caudal de líquidos tiene una gran influencia en la calidad del producto final, en el balance energético de los sistemas para evaluar su eficiencia, en la cuantificación de emisiones contaminantes y en las actividades de metrología legal que lo requieren. Por ejemplo, para garantizar una buena precisión de medición o en sistemas de visualización o procesos de alarmas, siempre hay medidores de flujo de líquido, en la implementación es una aplicación para medir flujos de varios tamaños no solo de agua, sino también, por ejemplo, de aire comprimido, vapor y CO₂.

Algunos caudalímetros se escogen por la naturaleza y condición del fluido que se piensa medir, una consideración fundamental es si el fluido es líquido o gas, otros factores potencialmente importantes son viscosidad, temperatura, corrosión, conductividad, claridad óptica, lubricación y suavidad.

1.2.1. Flujo másico

Como se expresó en la definición, el flujo másico (Q) es la cantidad de masa que circula en una sección transversal de un tubo por unidad de tiempo. Lo que indica es que estamos interesados en conocer la masa que pasa por una sección transversal de la tubería. (Castaño, 2020, parr. 5)

$$Q = m/t$$

“Donde, m es la masa del fluido y t es el tiempo que demora en pasar en una determinada sección del tubo” (Castaño, 2020, parr. 6).

Las unidades se expresan en:

Kg/s, Kg/min, g/s,...

1.2.2. Flujo volumétrico

“El flujo volumétrico (Z) es la cantidad de volumen que circula en una sección transversal de un tubo por unidad de tiempo” (Castaño, 2020, parr. 8).

$$Z=V/t$$

“Donde, V es el volumen del fluido y t es el tiempo que demora en pasar en una determinada sección del tubo” (Castaño, 2020, parr. 9).

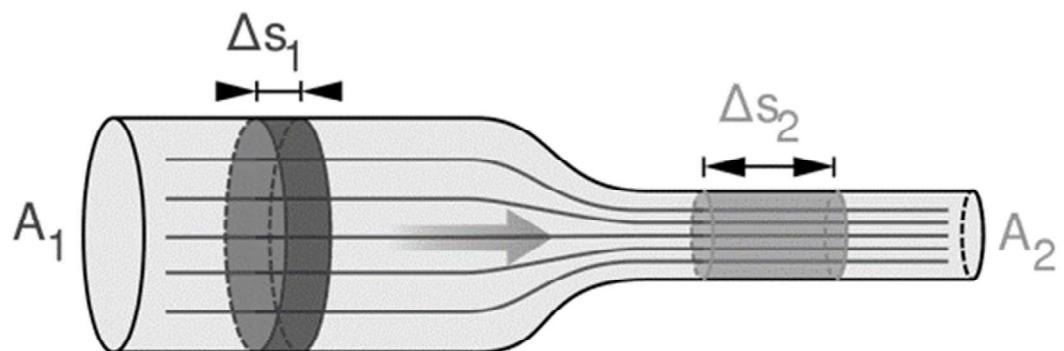
Las unidades se expresan en:

m^3/s , m^3/min , l/s ,...

1.2.3. Ecuación de volumen de continuidad

La ecuación de continuidad muestra el comportamiento de un material por el interior de una tubería, y gracias a este concepto se puede entender mejor el comportamiento dinámico de los fluidos. Para entender este concepto, hay que suponer que se tiene un fluido estacionario, que no es viscoso, incompresible, no es rotacional. Entonces se tiene una reducción del diámetro de la tubería del siguiente tipo. (Castaño, 2020, parr. 11)

Figura 2. Tubería disminución de diámetro



Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

“En la tubería se toma como referencia el piso debajo de la tubería. Dentro de esta tubería se observa que hay una reducción de diámetro dentro de la misma. Se toman dos puntos, [A y B]” (Castaño, 2020, parr. 12).

“La ecuación de continuidad dice que el caudal que entra por un tubo siempre será igual al caudal que sale, independiente de la forma que este tome” (Castaño, 2020, parr. 13).

“Analizando la figura anterior, ambos cilindros (verde y rojo) tienen el mismo volumen, y se sabe que el caudal volumétrico viene dado por” (Castaño, 2020, parr. 14):

$$Z = V/t$$

$$Z = A \Delta s/t$$

“Sin embargo Δ es un desplazamiento, y dicho desplazamiento dividido por el tiempo, da como resultado una velocidad” (Castaño, 2020, parr. 15).

$$Z = A.v$$

Ahora, respetando la ecuación de continuidad, que como se ve en la figura, hay 5 líneas de corriente en la sección ancha de la tubería y hay exactamente las mismas 5 líneas de corriente saliendo de la sección estrecha de la tubería, por lo tanto, se tiene una conservación de masa o que es lo mismo, el caudal volumétrico de entrada es igual al caudal volumétrico de salida. (Castaño, 2020, parr. 16)

$$Z_1 = Z_2$$

Para poder compensar esta igualdad, se concluye que la velocidad (v) en el punto 2 debe ser mucho mayor a la velocidad en el punto 1, y esto se ve que en la sección estrecha (punto 1) las líneas de corriente están más estrechas. (Castaño, 2020, parr. 17)

$$V_1 < V_2$$

Por lo tanto, se llega a la ecuación de volumen de continuidad dada por:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

“Donde se ve que la velocidad es inversamente proporcional al área, es decir, donde hay una mayor área, tendrá más presión y menos velocidad, y viceversa” (Castaño, 2020, parr. 19).

$$V \propto 1/A$$

1.3. Tipos de medidores de flujo

“Los sensores de caudal más utilizados en la industria son aquellos que miden el gradiente de la presión a través de alguna restricción que se impone sobre la tubería por donde circula el fluido” (Castaño, 2020, parr. 20).

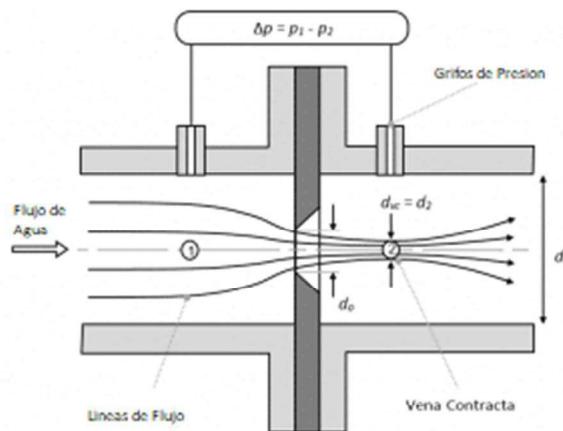
“Con esto, se pueden usar ecuaciones que están bien sustentadas hoy de mecánica de fluidos como es el caso de las ecuaciones de Bernoulli, con lo cual es posible calcular la taza de flujo de gases y líquidos” (Castaño, 2020, parr. 21).

1.3.1. Medidor de flujo placa de orificio

“Este medidor de caudal consiste en una placa que posee una perforación la cual se instala dentro de la tubería para generar una caída de presión” (Castaño, 2020, parr. 22).

“En cada extremo de la placa se encuentran dos tomas, por los que se mide la presión diferencial. La cual es proporcional al cuadrado del caudal” (Castaño, 2020, parr. 23).

Figura 3. **Medidor de flujo placa de orificio**



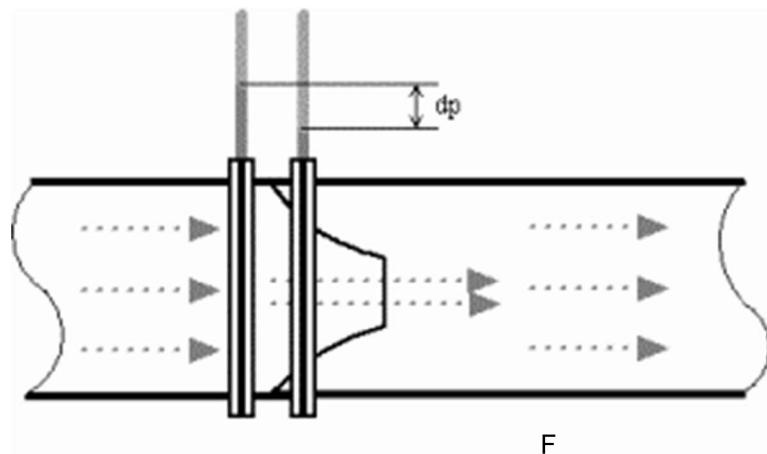
Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.3.2. **Medidor de flujo de Tobera**

Este tipo de sensor de caudal es parecido a la placa orificio, solo que posee una extensión mayor. Estos medidores de flujo también se sitúan dentro de la tubería para provocar un diferencial de presión. Posee dos tomas, una anterior y otra en el centro de la sección más pequeña. Este sensor puede trabajar con caudales 60 % superiores que la placa orificio, donde la pérdida de carga es del 30 al 80 %. Este sensor de flujo puede ser usado en fluidos pequeña cantidad de sólidos en suspensión, sin

embargo, aunque estos fluidos son abrasivos pueden afectar la precisión del sensor. (Castaño, 2020, parr. 24)

Figura 4. **Medidor de flujo de Tobera**



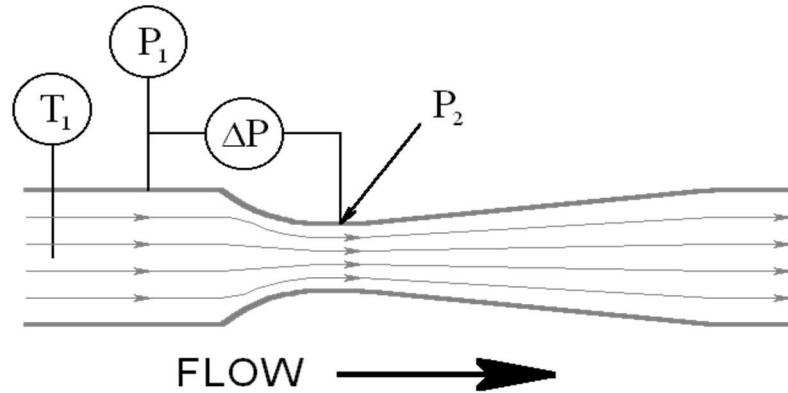
Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.3.3. **Medidor de flujo tubo Venturi**

“Estos medidores de flujo son usados para mediciones de caudal 60 % por encima de la placa orificio, con una pérdida de carga de tan solo 10 % a 20 % de la presión diferencial” (Castaño, 2020, parr. 25).

“Es un dispositivo de gran precisión y puede ser usado en fluidos con un porcentaje de sólidos relativamente grande. Su costo es 20 veces más elevado que la placa orificio y posee una precisión del 0,75 %” (Castaño, 2020, parr. 26).

Figura 5. **Medidor de flujo tubo Venturi**



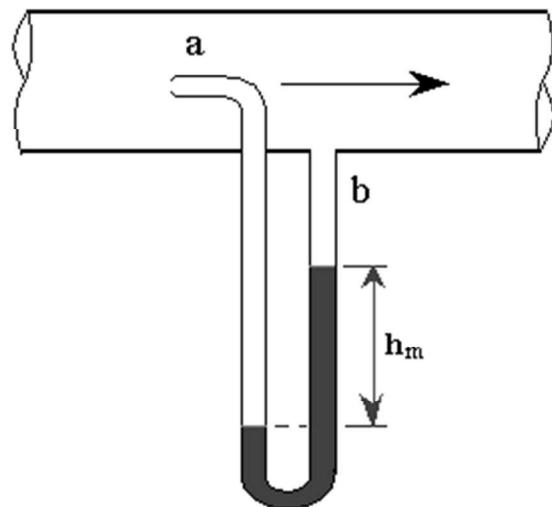
Fuente: Cataño (2020) *Control automático educación*.

1.3.4. **Medidor de flujo tubo de Pitot**

“Uno de los tipos de sensores de caudal es el tubo de Pitot, donde su principio de funcionamiento consiste en medir la diferencia de presión entre la presión total y la presión estática [presión dinámica]” (Castaño, 2020, parr. 26).

“Por ser un dispositivo sensible a variaciones de velocidad dentro de la tubería, es usado comúnmente en flujos laminares, colocándolo entonces en un tramo recto de la tubería” (Castaño, 2020, parr. 27).

Figura 6. **Medidor de flujo tubo Pitot**



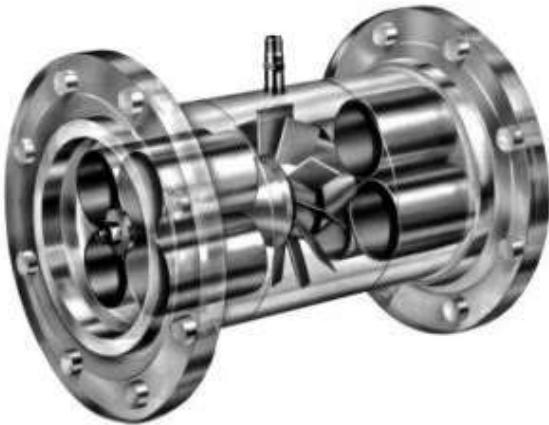
Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.3.5. **Medidor de flujo tipo turbina**

“Existe un tipo diferente conocido como sensor de turbina, el cual usa el número de revoluciones de la turbina para poder calcular la razón de flujo que circula por la tubería con bastante precisión” (Castaño, 2020, parr. 28).

En este sensor de flujo, para poder medir la velocidad de la turbina, se usan convertidores electromagnéticos de reluctancia o inductivos para poder llevar el conteo de frecuencia con la que la turbina gira y de esa forma poder determinar el caudal que circula por la tubería. (Castaño, 2020, parr. 29)

Figura 7. **Medidor flujo tipo turbina**



Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

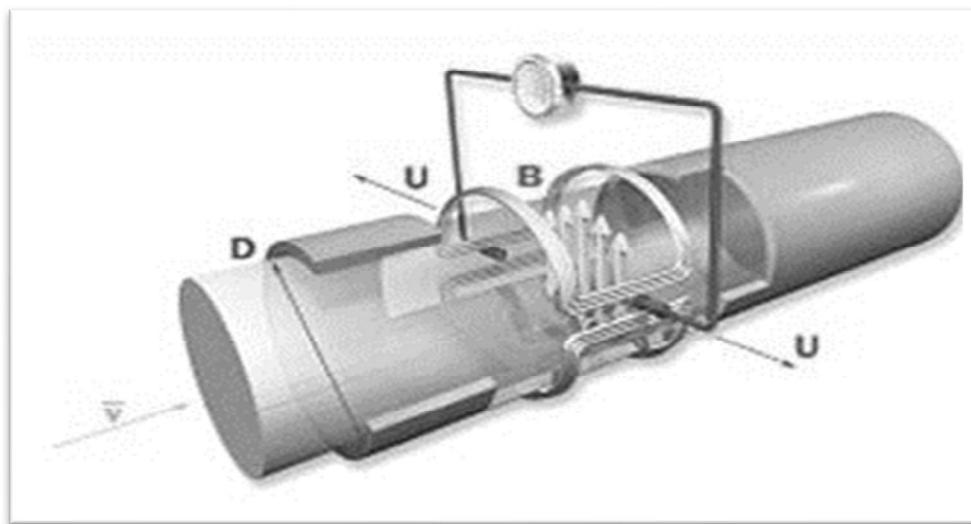
1.3.6. **Medidor de flujo electromagnético**

“Su principio de funcionamiento de estos medidores de flujo se fundamenta en la ley de Faraday” (Castaño, 2020, parr. 30).

“La ley de Faraday dice que al hacer circular un material (un fluido) conductor a través de un campo magnético se produce una fuerza electromagnética que va a ser proporcional a la velocidad del propio fluido” (Castaño, 2020, parr. 31).

La aplicación más usada para este medidor de flujo es para la medición de agua, ya que, por su densidad, es muy común su utilización en fluidos con densidades bajas.

Figura 8. **Medidor de flujo electromagnético**



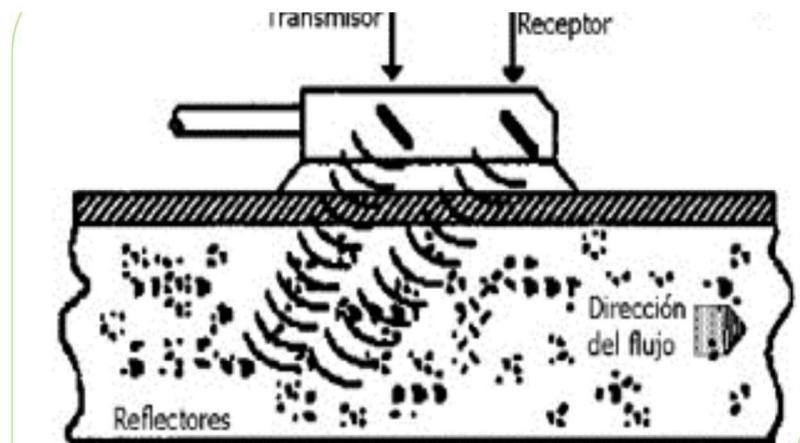
Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.3.7. **Medidor de flujo ultrasónico**

“Estos medidores de flujo son basados en el fenómeno ultrasónico; estos sensores capturan pequeñas perturbaciones de presión en un fluido que se propagan con la velocidad del sonido relativa al fluido que se está midiendo” (Castaño, 2020, parr. 32).

“En este sensor se utilizan transductores de cristal piezoeléctricos para transmitir y recibir las señales de energía acústica al interior del dispositivo” (Castaño, 2020, parr. 33).

Figura 9. **Medidor de caudal ultrasónico**



Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.3.8. **Medidor de caudal vortex**

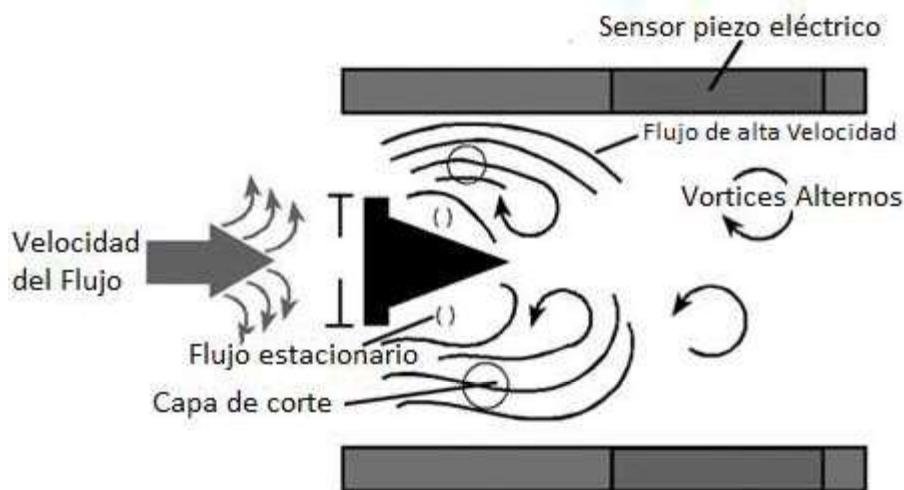
“Los medidores de flujo basados en la técnica vortex, utilizan un sistema de medición basado en la generación de vórtices, es decir, generando un flujo turbulento en rotación espiral” (Castaño, 2020, parr. 34).

“La vorticidad es un concepto matemático utilizado en dinámica de fluidos, que se puede relacionar con la cantidad de circulación o rotación de un fluido” (Castaño, 2020, parr. 35).

“Debido a los principios de medición, los equipos Aalborg de esta categoría son equipos con muy buena precisión y bajo mantenimiento” (Castaño, 2020, parr. 36).

La aplicación más común para este tipo de medidores de flujo es para medir el flujo de vapor.

Figura 10. **Medidor de caudal vortex**



Fuente: Cataño (2020). *Control automático educación*.

1.4. **Metrología de energía eléctrica**

Evidentemente, la metrología eléctrica se ocupa de lo relativo a las mediciones de fenómenos electromagnéticos.

La metrología eléctrica tiene también una gran importancia en casi todos los demás sectores de la industria moderna, como el de las telecomunicaciones, la informática, la industria automotriz, la robótica, la aviónica, la instrumentación, la medicina, el transporte, etc. (Villalta, 2013, p. 19)

La medición de energía eléctrica para nuestra implementación se realizó por medio de medidores de energía eléctrica trifásicos en la alimentación principal de cada línea de producción, para lo cual serán necesarios instalar transformadores de corriente en cada una de las 3 fases. Estos transformadores darán un dato correcto de la corriente que circule en el circuito eléctrico, también se instalarán transformadores de potencial en cada una de las 3 fases, estos transformadores darán un dato correcto del voltaje que circule por el circuito eléctrico, al tener los valores de corriente y voltaje, el medidor de energía tendrá que ser capaz de interpretar los consumos de energía de cada circuito que sea necesario medir en esta implementación.

1.5. Proceso de medición

Cualquier proceso de medición casi siempre requiere el uso de un instrumento como medio físico para determinar el tamaño de una variable. Las herramientas, en este caso los caudalímetros y medidores de energía eléctrica, son una extensión de las capacidades humanas y en muchos casos permiten determinar el valor de una incógnita que no se podría medir con solo habilidades sensoriales.

“Por lo tanto, un instrumento se puede definir como un dispositivo para determinar el valor o magnitud de una cantidad o variable” (Villalta, 2013, p. 20).

1.6. Base de datos

Una base de datos es una colección organizada de información estructurada, o datos, típicamente almacenados electrónicamente en un sistema de computadora. Una base de datos es usualmente controlada

por un sistema de gestión de base de datos (DBMS). En conjunto, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones que están asociados con ellos, se conocen como un sistema de base de datos, que a menudo se reducen a solo base de datos. (Oracle, 2021, parr. 1)

Los datos de los tipos más comunes de bases de datos actualmente en funcionamiento se modelan típicamente en columnas y filas en una o varias series de tablas para un procesamiento y consulta de datos eficiente. Por tanto, los datos pueden ser fácilmente gestionados, accesibles, modificados, controlados, actualizados, y organizados.

“La mayoría de las bases de datos utilizan un lenguaje de consulta estructurado (SQL) para escribir y consultar datos” (Oracle, 2021, parr. 2).

1.7. Costos de producción

Para empezar a hablar de costos es importante saber que es un costo: “Un Costo es todo aquello que va a generar un ingreso, es decir, que representará una inversión, ya sea presente o futura. Porque una inversión es cuando se va a aprovechar” (Lopez, 2008, p. 5).

También se tiene que definir qué son los gastos: “Los gastos del período son todos los recursos consumidos por la empresa distintos a lo de producción. Incluyen los gastos de ventas, de investigación y de desarrollo, gastos de administración, gastos financieros, etc.” (Lopez, 2008, p. 5).

Para los costos de producción se tienen tres elementos principales:

- Materia prima o materiales directos: es aquel que forma parte del producto, como por ejemplo en un calzado la suela que lo compone y que son necesarios para su elaboración los materiales indirectos son aquellos que no constituyen parte del producto para su funcionamiento, tales como bolsas y cajas que se emplean para darle presentación al empaque.
- Mano de obra se puede dividir en: mano de obra directa e indirecta. La mano de obra directa constituye el esfuerzo laboral que aplican los trabajadores que están físicamente relacionados con el proceso productivo, sea por acción manual u operando una máquina. El costo del esfuerzo laboral que desarrollan los trabajadores sobre la materia prima para convertirla en producto terminado constituye el costo de la mano de obra directa. El salario y las prestaciones sociales que devenga, por ejemplo, el trabajador que corta la madera o arma la mesa se maneja como costo de mano de obra directa. (Quintero, 2018)
- Otros gastos de fabricación pueden ser útiles de aseo, papelería de oficina combustible alquileres impuestos.

Los términos costo y gasto se usan indistintamente para designar lo mismo, pero desde un punto de vista conceptual, los términos son diferentes. El costo implica un sacrificio económico capitalizable comparable con los términos inversión y activo; algo que se almacena en la empresa y que luego se vende para generar ingresos que cubran el costo para obtenerlo. El gasto se consume a lo largo del período, no

representa un activo ni una inversión, no se almacena ni se vende, y su efecto es el de disminuir las utilidades operacionales y, por lo tanto, el patrimonio. Los gastos originan desembolsos para la empresa, haya producción o no.

La evolución de las empresas manufactureras ha hecho que los esquemas gerenciales respondan dinámicamente con estructuras, métodos y procedimientos a los cambios que presentan. Los costos, como instrumento de ejecución financiera, se han convertido en elemento indispensable de la administración para la preparación de información económica, el desarrollo de las funciones de planeación y control y la toma de decisiones. Una empresa industrial adquiere materia prima a la que aplica un proceso tecnológico de transformación para convertirla en producto terminado. Los costos de mano de obra y los costos indirectos de fabricación se añaden a las materias primas para determinar el costo de los productos fabricados durante el período. (Sinisterra, 2006, pp. 8- 9)

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla en una empresa de bebidas la cual no tiene un sistema de contabilización de servicios principales, al aumentar la toma de datos de los servicios se puede tomar las mejores decisiones para la eficiencia de los procesos, y por lo tanto, será de mejora y de utilidad para el cálculo de costos de servicios.

El progreso de la investigación consistió en estructurar el esquema de solución en fases. La primera fase consiste en la revisión documental de la empresa sobre el cálculo de costos de sus productos. Se analizaron los cálculos de costos actuales y se incluyeron todos los costos por consumos de servicios principales usados en la elaboración de bebidas.

En la segunda fase, se realizaron varias visitas técnicas, a la línea de producción donde se realizó la implementación donde se verificó el punto óptimo de instalación de los medidores de flujo y el de energía eléctrica el cual ya existía en esta línea por lo que se tomaron los datos del medidor existente, con el análisis realizado en la línea de producción se realizó el presupuesto de la compra e instalación de estos medidores, se determinó que la implementación sería en una línea de producción de bebidas determinada, por lo que las variables a medir fueron: energía, agua, aire comprimido y CO₂.

En la tercera fase se instalaron los medidores de flujo en la línea de producción y se programó una señal digital de cada medidor para un concentrador de datos el cual determinó los consumos de cada servicio y con estos datos se creó un archivo de Excel para poder realizar los cálculos correspondientes de costos de servicios y la rentabilidad que se tiene con un producto en específico.

En la cuarta fase se realizó una capacitación al personal de planta a cargo de este nuevo sistema y se concluyó que la implementación será de gran beneficio para que la empresa pueda realizar los cálculos de costos de los servicios.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se muestran los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación, la cual se realizó en una línea de producción de una empresa de bebidas, estos fueron desarrollados tomando como referencia los objetivos propuestos de la investigación.

3.1. Objetivo 1. Determinar los servicios de una línea de producción que se van a medir, al mismo tiempo asociar las dimensionales de medición

Se realizó un análisis de las mediciones de los servicios principales de una de las líneas de producción basado en los sistemas actuales del cálculo de los costos, el estudio se realizó en una línea de producción de bebidas carbonatadas, por lo que este producto no es necesario para la medición de Vapor, la línea de producción no contaba con la medición de los servicios principales, solo tenía la medición de energía eléctrica, por lo que se realizaron los siguientes análisis.

3.1.1. Medición de agua

En la producción de bebidas el agua es una de las materias primas más importantes para su producción, por tal motivo la medición del agua tratada se realizó por medio de la instalación de un medidor de flujo magnético ya que la

densidad del agua es 1, el medidor de flujo de agua de la línea en estudio es el siguiente:

Figura 11. **Medidor de flujo de agua**



Fuente: [Fotografía de Abidan Maldonado]. (Escuintla. 2022). Colección particular.

Guatemala.

El medidor de flujo magnético utilizado para la medición de agua es especial para la industria de alimentos y bebidas para poder mantener la inocuidad del producto final. La dimensional para la medición de flujo de agua es el litro por hora (l/h) por lo tanto el volumen se determina en Litro (l), con lo cual se obtienen los litros consumidos en la línea de bebidas.

3.1.2. Medición de aire comprimido

La medición de aire comprimido es muy importante para calcular los costos, ya que el aire comprimido, sirve para todos los movimientos neumáticos de toda la maquinaria necesaria para la fabricación de bebidas.

Para la medición de aire comprimido se utilizó un medidor de flujo másico ya que el aire comprimido se mide en Kilogramos (Kg), se utilizó el siguiente medidor de flujo masico:

Figura 12. **Medidor de flujo para aire comprimido**



Fuente: [Fotografía de Abidan Maldonado]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

El medidor de flujo másico utilizado para la medición de aire comprimido es especial para la industria de alimentos y bebidas para poder mantener la inocuidad del producto final. La dimensional utilizada para la medición de flujo

másico en la tubería principal de aire comprimido es el Kilogramo por hora (Kg/h), por lo tanto, el volumen se determina en Kilogramos (Kg).

3.1.3. Medición de dióxido de carbono CO₂.

En la actualidad, el dióxido de carbono (CO₂) es un aditivo indispensable en la producción de bebidas y en este caso las bebidas carbonatadas. La carbonatación de bebidas refrescantes requiere CO₂ en forma de compuesto gaseoso. El objetivo es liberar la mínima cantidad posible de CO₂ y lograr una proporción óptima en la mezcla. Para la medición de CO₂ se utilizó un medidor de flujo másico ya que el aire comprimido se mide en Kilogramos (Kg), se utilizó el siguiente medidor de flujo masico:

Figura 13. Medidor de flujo para CO₂



Fuente: [Fotografía de Abidan Maldonado]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

El medidor de flujo másico utilizado para la medición de CO₂ es especial para la industria de alimentos y bebidas para poder mantener la inocuidad del producto final. La dimensional utilizada para la medición de flujo másico en la tubería principal de aire comprimido es el kilogramo por hora (Kg/h) por lo tanto, el volumen se determina en kilogramos (Kg)

3.1.4. Medición de energía eléctrica

En la línea de producción, que es objeto de esta investigación, ya se contaba con un medidor de energía eléctrica del cual se obtuvo los datos para el cálculo de su consumo en la línea completa, el medidor instalado en la línea es el siguiente:

Figura 14. Medidor de energía eléctrica



Fuente: [Fotografía de Abidan Maldonado]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular.
Guatemala.

El medidor de energía eléctrica cumple con todas las normas necesarias para la medición de energía y la unidad de medida de la energía eléctrica es el kilowatt-hora (Kwh).

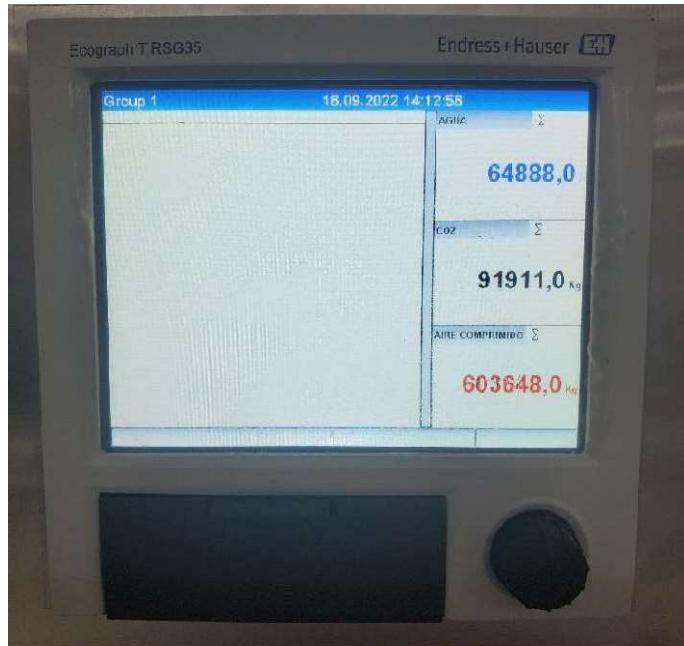
3.2. Objetivo 2. Investigar sobre los medidores de flujo y energía para la medición de servicios, como se contabilizan estos datos

Los medidores de flujo ayudan para la toma de datos de agua, aire comprimido y CO₂, para la medición de energía eléctrica ayudo el medidor de energía ya instalado para la toma de datos de energía eléctrica de la línea de producción en investigación.

3.2.1. Medición de agua, aire comprimido y CO₂

El medidor de flujo de agua magnético y los medidores de flujo másico para el aire comprimido y el CO₂, estos medidores de flujo dan la información del consumo de estos servicios por medio de una señal digital la cual se conecta a una entrada digital de un graficador o concentrador de datos de la misma marca de los medidores de flujo, el concentrador de datos es el siguiente:

Figura 15. **Graficador o concentrador de datos**

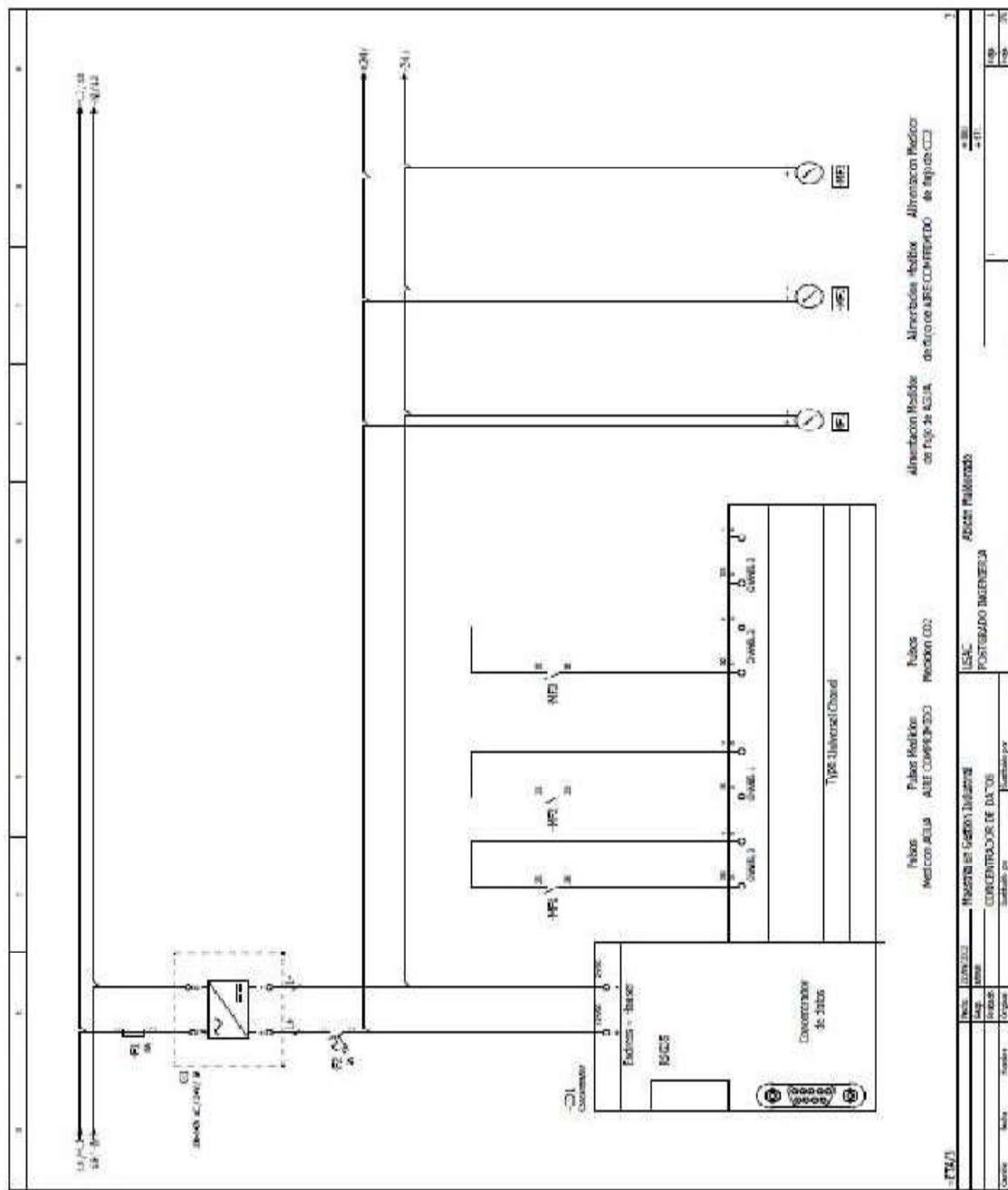


Fuente: [Fotografía de Abidan Maldonado]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

Este concentrador de datos fue de gran ayuda para la toma de datos ya que tiene su propia base de datos, la cual se puede descargar por mes, por semana o por día, lo cual sirve para la toma de datos de consumos de estos servicios integrados a este concentrador de datos.

A continuación, se presenta un diagrama eléctrico de la conexión de los medidores de flujo y el concentrador de datos:

Figura 16. Planos eléctricos concentrador de datos y medidores de flujo



Fuente: elaboración propia, realizado con Eplan Electric.

Los medidores de flujo se instalaron eléctricamente de acuerdo con los planos de la figura anterior y se programaron los medidores de flujo para que generen un pulso digital por cada litro de agua y 1 pulso digital por cada kilogramo de aire comprimido y CO₂, respectivamente, el pulso que genera el medidor de flujo es una señal electrónica que representa la información mediante un código binario, como pueden ser los dos niveles de la notación binaria 0 y 1, con estos mismos datos se programó el concentrador de datos el cual genera su propia base de datos. Al tener esta base de datos de los consumos de estos servicios, con se calcula el costo de cada servicio seleccionado.

3.2.2. Medición de energía eléctrica

En el caso de la medición de energía eléctrica ya se tenía uno en la línea de producción del cual no fue necesario ninguna instalación eléctrica ni mecánica ya que todo estaba ya listo, tampoco fue necesario programar el medidor, ni la base de datos, ya que todo ya estaba listo para la toma de datos, toda la documentación de este medidor está a cargo del departamento de servicios por razones de confidencialidad no obtuve acceso a esta documentación, por lo que el departamento de servicios ya solo entregó la base de datos en un archivo de Excel para poder realizar el cálculo de los costos de la energía eléctrica consumida en la línea de producción. Los costos de energía eléctrica se relacionan con los precios de segmentación de la factura según el mercado de mayoristas.

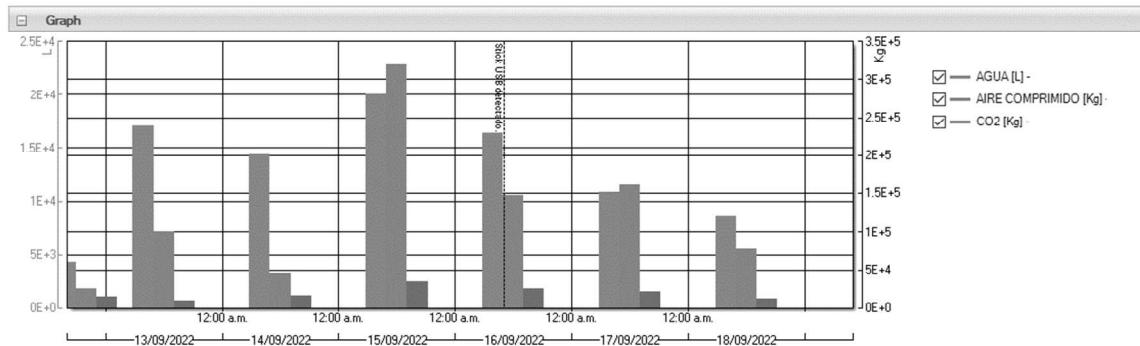
3.3. Objetivo 3. Acumular los datos de consumos de servicios para determinar el costo unitario del producto fabricado

El registro de los datos es muy importante para esta implementación, ya que, por medio de la medición de estos datos, se determinó el costo de los servicios utilizados en la línea de producción, y este costo a fijar los precios de ventas de cada bebida.

3.3.1. Base de datos del graficador o concentrador de datos

El graficador o concentrador de datos como su nombre lo indica es donde enviamos los pulsos digitales de cada medidor de flujo y es el encargado de ir sumando los consumos de cada servicio correspondiente, para extraer la base de datos es necesario introducir una memoria USB al equipo e indicar de cuánto tiempo se necesita la base de datos, al tener la base de datos almacenada en la memoria se procede a leerla con el programa del fabricante llamado Field Data Manager, este programa enseña la base de datos gráficamente y en tablas como lo muestra la siguiente figura.

Figura 17. Base de datos graficador



Fuente: elaboración propia, realizado con Field Data Manager Software.

En la figura anterior se observa gráficamente la base de datos de los servicios de agua, aire comprimido y CO₂. La base de datos se puede exportar a Excel para un mejor manejo de la información, al exportar la base de datos mostrada en la figura 7, el programa proporciona la siguiente tabla:

Tabla II. Base de datos del graficador en Excel

Fecha	Inicio	Fecha	Final	duración	Aire		
					Agua litros	Comprimido Kg	CO ₂ Kg
12/09/2022	04:06:18 p.m.	12/09/2022	11:59:59 p.m.	07:46:55	4342	25776	14971
13/09/2022	12:00:00 a.m.	13/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	17088	99850	8592
14/09/2022	12:00:00 a.m.	14/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	14395	45282	15757
15/09/2022	12:00:00 a.m.	15/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	20065	319856	34551
16/09/2022	12:00:00 a.m.	16/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	16377	147007	25004
17/09/2022	12:00:00 a.m.	17/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	10828	160766	20795
18/09/2022	12:00:00 a.m.	18/09/2022	11:59:59 p.m.	24:00:00	8597	77824	11700

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observan los datos de consumos de agua, aire comprimido y CO₂ en esta tabla están las fechas y el horario de toma de datos y los consumos por cada servicio medido.

Con estos datos ya tabulados en Excel, es posible su contabilización y por lo tanto calcular el costo de cada servicio.

3.3.2. Base de datos del medidor de energía

Con respecto al medidor de energía se utiliza un programa especial para la medición de energía que es el Power Monitor Expert, a este programa solo tiene acceso el personal de servicios por lo que ellos me compartieron su base de datos ya exportada en Excel quedando de la siguiente manera:

Tabla III. Base de datos en Excel de medición de energía

Fecha y hora	kWh	Fecha y hora	kWh
15/09/2022 00:15:00	32.07	15/09/2022 07:15:00	32.07
15/09/2022 00:30:00	32.07	15/09/2022 07:30:00	32.07
15/09/2022 00:45:00	32.07	15/09/2022 07:45:00	32.07
15/09/2022 01:00:00	32.07	15/09/2022 08:00:00	32.07
15/09/2022 01:15:00	32.07	15/09/2022 08:15:00	32.07
15/09/2022 01:30:00	32.07	15/09/2022 08:30:00	32.07
15/09/2022 01:45:00	32.07	15/09/2022 08:45:00	32.07
15/09/2022 02:00:00	32.07	15/09/2022 09:00:00	32.07
15/09/2022 02:15:00	32.07	15/09/2022 09:15:00	32.07
15/09/2022 02:30:00	32.07	15/09/2022 09:30:00	32.07
15/09/2022 02:45:00	32.07	15/09/2022 09:45:00	32.07
15/09/2022 03:00:00	32.07	15/09/2022 10:00:00	32.07
15/09/2022 03:15:00	32.07	15/09/2022 10:15:00	32.07
15/09/2022 03:30:00	32.07	15/09/2022 10:30:00	32.07
15/09/2022 03:45:00	32.07	15/09/2022 10:45:00	32.07
15/09/2022 04:00:00	32.07	15/09/2022 11:00:00	32.07
15/09/2022 04:15:00	32.07	15/09/2022 11:15:00	32.07
15/09/2022 04:30:00	32.07	15/09/2022 11:30:00	32.07
15/09/2022 04:45:00	32.07	15/09/2022 11:45:00	32.07

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el consumo de energía eléctrica en kWh e indica las fechas y el horario donde se toma el dato de este servicio.

Con estos datos ya tabulados en Excel, es posible su contabilización y por lo tanto calcular el costo del servicio de energía eléctrica.

3.4. Objetivo general. Implementar un sistema de medición de servicios principales, por medio de medidores de flujo y energía para el cálculo de costos y rentabilidad de cada producto en la una línea de producción

Los datos utilizados son para fines de la investigación y fueron datos simulados, los costos, y el precio de venta del producto, por motivos de confidencialidad de la empresa, los datos que son reales son los de las mediciones de servicios ya que es de lo que se trata esta implementación.

3.4.1. Cálculo del costo de servicios método actual

Actualmente lo que se realiza para el cálculo de costos de servicios es el consumo total de la planta vs. el volumen total de producción y con base en estos dos datos se calculaba el porcentaje individual de volumen de cada línea y se dividían los costos en cada línea, la siguiente tabla muestra el consumo y el costo total de un mes de servicios en toda la planta de producción, estos datos los ingresamos en una tabla de Excel para su mayor comprensión:

**Tabla IV. Consumos y costos de servicios totales de un mes
(simulados)**

Servicio:	Agua (litros)	Aire comprimido (Kilogramo)	CO2 (Kilogramo)	Energía eléctrica (kWh)	Costo Total de planta en Servicios
Consumo Mensual Total de la Planta:	1856801	29689040	3218130	1950906	Q 83,108,223.77
Costo Promedio:	Q 0.35	Q 2.20	Q 4.80	Q 0.87	
Total, por Servicio:	Q 648,023.55	Q 65,315,888.00	Q 15,447,024.00	Q 1,697,288.22	

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra los consumos de un mes completo que sirvió para los cálculos necesarios, estos costos son simulados y promedios ya que los costos son variables dependiendo de la época del año, ya que la energía eléctrica es más barata en los meses de invierno que en verano.

Para calcular el porcentaje de volumen de cada línea de producción afectada se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Volumen por línea} (\%VPL) = \frac{\text{Volumen producido por línea}}{\text{Volumen Total}} *100$$

Con los datos de la tabla III, con los datos del volumen de producción por línea y con el cálculo del porcentaje de volumen por línea se realizó la siguiente tabla en Excel:

Tabla V. Asignación de costos de servicios por línea (simulados), método actual

Línea de Producción	Volumen (Producto final) Litros Producidos mensual	Volumen Porcentaje	Asignación de costos de agua por línea (Q)	Asignación de costos de aire comprimido por línea (Q)	Asignación de costos de CO ₂ por línea (Q)	Asignación de costos de energía eléctrica por línea (Q)	Costo Total por La línea de producción (Q)
Línea A	150869	8 %	49,302.68	4,969,338.06	1,175,234.49	129,132.42	6,323,007.65
Línea B	359856	18 %	117,597.81	11,852,972.55	2,803,194.71	308,009.45	15,081,774.52
Línea C	128965	7 %	42,144.64	4,247,861.94	1,004,607.41	110,384.26	5,404,998.25
Línea D	59256	3 %	19,364.35	1,951,779.99	461,590.48	50,718.64	2,483,453.47
Línea E	489569	25 %	159,986.89	16,125,472.19	3,813,628.87	419,033.94	20,518,121.89
Línea F	546892	28 %	178,719.55	18,013,582.84	4,260,161.73	468,098.08	22,920,562.20
Línea G	247582	12 %	80,907.64	8,154,880.43	1,928,606.31	211,911.42	10,376,305.80
Volumen Vrs Costo Total	1982989	100 %	648,023.55	65,315,888.00	15,447,024.00	1,697,288.22	83,108,223.77

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra cómo se realiza actualmente la asignación mensual de costos por cada línea de producción dependiendo de su volumen generado de producto final. La línea de producción que se analizó en esta investigación es la línea F, por lo que estos datos se tomarán para analizar los nuevos cálculos de la línea F en específico.

El método actual tiene la desventaja que da el costo del mes completo, pero en específico no se sabe en realidad cuánto se consume por cada presentación, ya que en la línea F se realizan alrededor de 10 diferentes tipos de productos que, dependiendo su fórmula, consumen menos o más de cada servicio involucrado en su fabricación.

Se eligió un producto por temas de confidencialidad que se llamó producto AM (Abidan Maldonado), para el producto AM se realizó un monitoreo de 48 horas, que fue el tiempo que se produjo en la semana y fueron los días 15 y 16 de septiembre del presente año, en estas 48 horas se produjeron 1,827,870 unidades de la presentación de un tamaño en específico, con estos datos se realizó un costo estimado y la rentabilidad de este producto con el método actual, primeramente se obtuvo el costo fijo con base en los costos mensuales y las 48 horas de producción del producto AM, quedando los costos fijos con el sistema actual de la siguiente manera en una tabla de Excel:

Tabla VI. Costos fijos (simulados), método actual

Costos fijos línea F			
	Horas producidas	48	
Descripción	Costo Mensual	Costos Horas producción	Costo total
Mantenimiento	Q 580,000.00	Q 38,666.67	Q 38,666.67
Sueldos	Q 486,580.00	Q 32,438.67	Q 32,438.67
Depreciación	Q 250,000.00	Q 16,666.67	Q 16,666.67
Gastos operativos	Q 450,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
Servicios Línea F	Q 22,920,562.20	Q 1,528,037.48	Q 1,528,037.48
Total, costos fijos método actual			Q 1,645,809.48

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VI se ingresan los valores de las horas producidas y los costos mensuales de cada rubro y el Excel calcula los costos por las 48 horas de producción, el costo de todos los servicios de la línea F se obtuvo del cálculo de la tabla IV. En costos fijos se tiene un costo total de Q 1,645,809.48 en 48 horas de producción de producto AM.

El cálculo de los costos variables es dependiente de las unidades que se producen, en esta investigación se realizaron 1,827,870 unidades del producto AM, y se realizó en la siguiente tabla de Excel.

Tabla VII. Costos variables (simulados)

Costos Variables Línea F		
Unidades producidas	1827870	
Descripción	Costos/Unidad	Costo total
Materias primas	Q 0.50	Q 913,935.00
Empaques	Q 0.12	Q 219,344.40
Combustible	Q 0.15	Q 274,180.50
Otros	Q 0.18	Q 329,016.60
total	Q 0.95	Q 1,736,476.50

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VII se ingresan los valores unidades producidas y los costos por unidad y el Excel calcula los costos por las 1,8727,870 unidades producidas, los datos de costos por unidad son aproximados. En costos variables se tiene un costo total de Q 1,736,476.50.

Teniendo los costos fijos y los costos variables, se suman para determinar los costos totales, para lo que se realizó la siguiente tabla de Excel para calcular los costos totales, costos por unidad producida, la utilidad total y por unidad generada, así como también el porcentaje de dicha utilidad:

Tabla VIII. Cálculo de costos totales (simulados) y utilidades método actual

Cálculo de costos fijos y variables Línea F		
BEBIDA	AM	
DATOS	Fecha Inicio	Fecha Fin
Rango de producción	15/9/2022 0:00	17/9/2022 0:00
Cantidad	1827870	Unidades producidas
Costo Fijo	Q 1,645,809.48	Q
Costo Variable	Q 0.95	Q/unidad
Precio de Venta	Q 2.65	Q
Días de producción	2.00	
Horas de producción	48	
RESULTADOS		
Ingreso total	Q 4,843,855.50	
Costo variable total	Q 1,736,476.50	
Costos Totales (CF+CV)	Q 3,382,285.98	
Costo por unidad	Q 1.85	
Utilidad total	Q 1,461,569.52	
Utilidad por unidad	Q 0.80	
Porcentaje de Utilidad	30 %	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se ingresan los datos de los rangos de producción y la cantidad de unidades producidas en dicho tiempo de producción, los datos de costos fijos se trasladan de la tabla VI y los datos de los costos variables de la tabla VII. El precio de venta es un precio simulado del producto AM, el ingreso total es la multiplicación del precio de venta por las unidades producidas dando el valor de Q 4,843,855.5. Para el cálculo del costo total se sumó el costo variable más el costo fijo dando un total de Q 3,382,285.98. Para el cálculo del costo por

unidad, se divide el costo total dentro de las unidades producidas dando un costo por unidad de Q 1.85. La utilidad total se calcula restando el ingreso total menos el costo total dando una utilidad neta de Q 1,461,569.52, al tener este dato se divide dentro de las unidades producidas dando el valor de la utilidad por unidad que sería de Q 0.8. El porcentaje de utilidad calculado con este método actual para la empresa seria de un 30 %.

3.4.2. Cálculo del costo de servicios con método sugerido

Para estos cálculos se utilizarán los mismos datos de los costos promedio por cada servicio de la tabla III, para calcular los servicios por medio de los consumos reales se extraen los datos de las bases de datos con las fechas correspondientes, que son 15 y 16 de septiembre del año en curso, tabla I y tabla II, al ingresar estos datos en una tabla de Excel nos quedó de la siguiente manera:

Tabla IX. Costos de servicios método sugerido

Costos de Servicios Línea F				
Servicio	Consumo		Costo/Unidad Medida	Costo Total
	15-sep	16-sep		
Energía Eléctrica (kW.h)	3078.47	3078.00	Q 0.87	Q 5,356.13
Aqua (l)	20065.00	16377.00	Q 0.35	Q 12,718.26
Aire Comprimido (Kg)	319856.00	147007.00	Q 2.22	Q 1,036,435.86
CO2 (Kg)	34554.00	25004.00	Q 4.80	Q 285,878.40
Total, Servicios Línea F				Q 1,340,388.65

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se ingresaron los datos de los consumos de cada servicio, estos datos se obtienen de las bases de datos tabla II y tabla III, estos son datos reales y se suman los consumos de los 2 días y se multiplican por el costo de cada servicio, costos simulados, para dar un total de Q 1,340,388.65 en costos de servicios por las 48 horas de producción de la línea F con el producto AM.

Ahora que ya se tienen los datos de costos de consumos de servicios se realiza el cálculo de los costos fijos en la siguiente tabla de Excel:

Tabla X. Costos fijos método sugerido

Costos fijos línea F			
	Horas producidas	48	
Descripción	Costo Mensual	Costos Horas producción	Costo total
Mantenimiento	Q 580,000.00	Q 38,666.67	Q 38,666.67
Sueldos	Q 486,580.00	Q 32,438.67	Q 32,438.67
Depreciación	Q 250,000.00	Q 16,666.67	Q 16,666.67
Gastos operativos	Q 450,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
Servicios Línea F		Q 1,340,388.65	Q 1,340,388.65
Total, costos fijos método sugerido			Q 1,458,160.65

Fuente: elaboración propia.

Con base en el cálculo de servicios de la tabla IX, y los costos variables de la tabla VII, se utilizan los mismos datos de costos variables ya que la única diferencia son los costos de los servicios en la tabla de los costos fijos. Teniendo los costos fijos por el método sugerido y los costos variables se suman para determinar los costos totales, se realizó la siguiente tabla de Excel para calcular

los costos totales, costos por unidad producida, la utilidad total y por unidad generada, así como también el porcentaje de dicha utilidad:

Tabla XI. Cálculo de costos totales y utilidades método sugerido

Cálculo de costos fijos y variables Línea F		
BEBIDA	AM	
DATOS	Fecha Inicio	Fecha Fin
Rango de producción	15/9/2022 0:00	17/9/2022 0:00
Cantidad	1827870	Unidades producidas
Costo Fijo	Q 1,458,160.65	Q
Costo Variable	Q 0.95	Q/unidad
Precio de Venta	Q 2.65	Q
Días de producción	2.00	
Horas de producción	48	
RESULTADOS		
Ingreso total	Q 4,843,855.50	
Costo variable total	Q 1,736,476.50	
Costos Totales (CF+CV)	Q 3,194,637.15	
Costo por unidad	Q 1.75	
Utilidad total	Q 1,649,218.35	
Utilidad por unidad	Q 0.90	
Porcentaje de Utilidad	34 %	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se ingresan los datos de los rangos de producción y la cantidad de unidades producidas en dicho tiempo de producción, los datos de costos fijos se trasladan de la tabla X y los datos de los costos variables de la tabla VII. El precio de venta es un precio simulado del producto AM, el ingreso

total es la multiplicación del precio de venta por las unidades producidas dando el valor de Q 4,843,855.5.

Para el cálculo del costo total se sumó el costo variable más el costo fijo dando un total de Q 3,194,637.15. Para el cálculo del costo por unidad se divide el costo total dentro de las unidades producidas dando un costo por unidad de Q 1.75. La utilidad total se calcula restando el ingreso total menos el costo total dando una utilidad neta de Q 1,649,218.35, al tener este dato se divide dentro de las unidades producidas dando el valor de la utilidad por unidad que sería de Q 0.9. El porcentaje de utilidad calculado con este método antiguo para la empresa seria de un 34 %. Todos los datos anteriores fueron simulados para poder exemplificar la implementación realizada, lo que se demuestra en esta implementación es la eficiencia de la medición de servicios industriales en una fábrica de bebidas.

De los dos cálculos realizados se establece que con medición de servicios ósea con el método sugerido el cálculo es más exacto y se puede determinar que hay un mayor porcentaje de utilidad en el producto AM. Con el método actual se obtuvo un 30 % de rentabilidad y para el método sugerido se obtuvo un 34 % con lo que determinamos que el método sugerido de medir los servicios es eficiente para el cálculo de costos.

3.4.3. Costos de la implementación

Los costos que la empresa tuvo que realizar para poder implementar estos medidores de flujo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XII. Costos de implementación

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	Medidor de Flujo Magnetico Promag H, DN50 2" COMPACTO	Q40,424.00	Q40,424.00
1	Medidor de Flujo de Aire comprimido, t-mass F 300, 6F3B80, DN80 3", COMPACTO	Q77,600.00	Q77,600.00
1	Medidor de Flujo Coriolis, para CO2, Promass E 100, 8E1C50, DN50 2", COMPACTO	Q85,248.00	Q85,248.00
1	Gestor de datos y graficador	Q78,800.00	Q78,800.00
1	Tablero pequeño para graficador	Q9,600.00	Q9,600.00
1	Laptop para la toma de datos. SOFTWARE FIELD DATA MANAGER GRATUITO	Q28,000.00	Q28,000.00
1	Instalación mecánica y eléctrica de los Medidores	Q60,000.00	Q60,000.00
		TOTAL	Q379,672.00

Fuente: elaboración propia.

Estos son los costos que la empresa pago por los equipos y la instalación de dichos equipos, aquí hubo un ahorro ya que no se midió vapor y el medidor de energía eléctrica ya existía, el costo de esta implementación fue de Q 379,672. Esta implementación será de gran ayuda para la empresa para calcular los costos reales de los servicios utilizados en cada presentación y poder calcular exactamente su utilidad, estos costos se deprecian con respecto al tiempo de utilización y afectaron al costo variable del presupuesto de la línea en investigación.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presenta un análisis interno, para confirmar la validez de los datos de la investigación; un análisis externo, para determinar que tanto se puede generalizar el estudio a otras empresas de bebidas; integración de resultados, para comparar con la base teórica las semejanzas o diferencias.

- Análisis interno

Los resultados de la medición de servicios son confiables, ya que fueron obtenidos por medio de la instalación de medidores de flujo y energía y enviados a un concentrador de datos en el cual se almacenan todos los datos, los demás datos son simulados o ficticios debido a la confidencialidad de la empresa. Se realizó observación de los procesos, entrevista con el gerente general, la instalación y programación de los equipos de medición. La veracidad de la información se evidencia en la consistencia de los resultados con la realidad de la empresa.

Los datos del consumo de servicios se obtuvieron empleando el dispositivo llamado concentrador de datos (ver figura 15). Posterior a la recolección se elaboró una base de datos con la información, presentada en la tabla I. Los datos de costos de servicios fueron simulados o ficticios, los cuales se reflejan en la tabla III.

De acuerdo con las fotografías de los medidores de flujo y energía eléctrica, se pudo implementar un sistema de medición de servicios que consiste en la instalación de medidores de flujo para contabilizar los consumos de una línea de producción de bebidas. Se tomaron como base, datos simulados, con el fin de enseñar la diferencia del cálculo de costos y rentabilidad empleado por el método actual presentados en la tabla VIII comparados con el método sugerido reflejado en la tabla XI. En los resultados se observa que el método propuesto, contribuyó a la disminución en el costo unitario de la bebida AM y por lo tanto un aumento de la utilidad en un 4 %.

Por otra parte, se obtuvo el costo unitario del producto fabricado, el cual fue de Q 1.75, dato simulado, para determinar este dato se realizaron mediciones de los servicios y se investigó sobre los costos fijos y variables de la línea de producción, con hojas de cálculo de Excel se ingresaron los datos, con el método propuesto se logró especificar la rentabilidad proyectada del 34 %.

Una de las limitaciones de la investigación, fueron aspectos ocasionados por la pandemia COVID-19, que provocó un tiempo bastante prolongado para la importación de equipos electrónicos y por ende la demora en la compra de los medidores de flujo. Los métodos de investigación permitieron obtener la información necesaria, para el cumplimiento de los objetivos planteados.

- Análisis externo

En la investigación relacionada con la implementación de medidores de flujo y energía para el cálculo de costos de servicios.

Luego del diagnóstico realizado en esta investigación y el resultado principal de la implementación se determinó que se pueden medir los consumos de los principales servicios industriales de una fábrica de bebidas y también esta implementación puede aplicarse a cualquier otra empresa de bebidas, no importando el tamaño de la empresa, lo único que se debe de tomar en cuenta son los costos de la implementación y determinar el lugar correcto de las mediciones.

Loma-Ossorio (2000), indica:

Guatemala es en la actualidad el mercado agroalimentario más amplio de Centroamérica, con una posición relevante de sus empresas de transformación tanto desde el punto de vista de la producción como de la exportación. Las industrias de alimentación y bebidas, con el 42,3 % del total de la producción industrial, constituyen el primer sector de la industria manufacturera de Guatemala, y emplean el 36,7 % de la mano de obra. Estas cifras dan una idea de la importancia de esta industria que se encuentra en un claro proceso de expansión. (p. 9)

De acuerdo con la teoría Guatemala es un país rico en recursos naturales, por lo tanto, tiene un mercado amplio para las bebidas. Por lo que determinar bien el costo de las bebidas es muy importante para que la empresa y los consumidores finales puedan disfrutar una bebida a precios justos y reales.

En los resultados se determinó que se debe dar seguimiento a los datos y costos de servicios para garantizar que el departamento de servicios tome decisiones correctas respecto al consumo de los servicios. Por ello es importante llevar un control de los consumos de cada mes, para establecer si ocurren

desviaciones de consumos y tomar las medidas pertinentes para que no afecte al costo final de los productos.

La empresa conto con los recursos necesarios para la implementación medidores de flujo y energía, se realizó en una sola línea de producción por lo que la organización tiene planeado realizar lo mismo en las otras líneas de producción lo que significaría un costo mucho mayor del que se realizó en esta implementación, esta implementación fue un plan piloto si era funcional y práctico para la obtención de datos entonces la empresa tomara la decisión de continuar o no con las demás líneas de producción.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los servicios a medir fueron: agua, aire comprimido, CO₂, y energía eléctrica. Para medir el agua, el aire comprimido y el CO₂ se empleó un medidor de flujo, y se identificó las dimensionales de medición de cada servicio, litros para el agua y kg para el aire comprimido y el CO₂ en Kg. La medición de energía eléctrica se realizó en Kilovatios/hora.
2. Se evidenció que la contabilización de datos se realiza de forma fácil siempre y cuando se apoye en los medidores de flujo y energía eléctrica, para calcular el costo de servicios.
3. Se analizaron los costos de los servicios de la planta con datos simulados y con el método sugerido se determinó que el costo unitario del producto AM es de Q 1.75 y con este costo unitario también se determinó la utilidad de un 34 %.
4. La implementación de los medidores de flujo y energía eléctrica ayuda a determinar el cálculo de los costos de servicios en una línea de producción de bebidas, y con estos datos se puede calcular los costos totales y también el % de rentabilidad. Al tener un histórico de estos consumos se pueden tomar mejores decisiones en el ahorro de los consumos de servicios para mejorar la productividad de las líneas de producción.

RECOMENDACIONES

1. Al Departamento de Servicios de la planta deben seguir utilizando la medición de servicios y realizar los mantenimientos requeridos para los medidores, así como brindar seguimiento mensual a las mediciones de los servicios de la planta.
2. Al Departamento de Servicios de planta emplear el software de energía eléctrica y del concentrador para extraer los datos de consumos de servicios y pueda calcular sus costos de servicios.
3. Al Departamento de Costos el análisis de las bases de datos para poder generar reportes de los consumos de servicios generales de la línea de producción y con base a estos realizar un análisis del precio de venta versus la utilidad.
4. Al Departamento de Servicios de la empresa de bebidas, la instalación de medidores de flujo y energía eléctrica en las demás líneas de producción de la planta completa, para que se pueda continuar con esta implementación y tener una herramienta funcional para el análisis de costos de servicios, también se les recomienda darle seguimiento mes a mes y realizar comparaciones para el análisis de estos consumos y poder realizar planes de mejora en estos servicios.

REFERENCIAS

1. Alimentacion, O. d. (2002). *Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos*. Roma: Direccion de la Información de la FAO.
2. Castaño, S. A. (2 de septiembre de 2020). *Control Automatico Educacion*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://controlautomaticoeducacion.com/instrumentacion/medidores-de-flujo/>
3. Chong, H. (2017). *Optimización de la medición de flujo bajo el principio de la presión diferencial y su importancia en la Ingeniería de Control y Automatización industrial*. (Tesis de licenciatura). Universidad Ricardo Palma. Lima, Peru.
4. Electrica. (s.f.). *La evolucion de los medidores de energía*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://electrica.mx/la-evolucion-de-los-medidores-de-energia-electrica/>
5. Equipos, L. (5 de octubre de 2021). *Laboratorios y Equipos*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-la-metrologia>

6. Gutierrez, E. J. (2019). *Asignacion de costos de produccion* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/10772/1/19468.pdf>
7. Loma-Ossorio, E. (2000). *Estudio de la Industria Agroalimentaria en Guatemala*. San José de Costa Rica: SEAGRO.
8. Lopez, M. (12 de noviembre de 2008). *Slideshare*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/jcfdezmx2/presupuesto-de-ingresos-y-gastos-presentation>
9. Oracle. (16 de agosto de 2021). *Qué es una base de datos*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
10. Presion, S. d. (25 de septiembre de 2020). *Sensores de Presion*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.sensoresdepresion.top/2020/02/historia-del-caudalimetro.html>
11. Quintero, H. V. (1 de febrero de 2018). *Slideshare*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/NandoNandin/contabilidad-de-costos-87260725>
12. Sensores de presión. (25 de septiembre de 2020). *Historia del caudalímetro*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de

<https://www.sensoresdepresion.top/2020/02/historia-del-caudalimetro.html>

13. Sinisterra, G. (2006). *Contabilidad de costos*. Bogota: Ecoe Ediciones.
14. Tecnología, S. (2 de marzo de 2019). *Medición de flujo*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-flujo>
15. Villalta, M. J. (2013). *Verificacion de contadores de energía eléctrica*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia de sustentación de la investigación

TITULO: Implementación de medidores de flujo y energía para medición de servicios principales de una línea de producción para el cálculo de costos y rentabilidad en una planta de alimentos en el departamento de escuñita

	Problema	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
ESPECÍFICOS	<p>¿Cómo determinar los servicios principales que se pueden medir en una línea de producción?</p>	<p>Determinar los servicios de una línea de producción que se van a medir, al mismo tiempo asociar las dimensionales de medición.</p>	<p>Se determinó que los servicios a medir fueron: agua, aire comprimido, CO_2, y energía eléctrica, la medición de agua se realizó en litros, la medición del aire comprimido y del CO_2 se realizó en Kilogramos, la medición de energía eléctrica se realizó en Kilovatios hora.</p>	<p>Se determinó que los servicios a medir fueron: agua, aire comprimido, CO_2, y energía eléctrica. Para medir el agua, el aire comprimido y el CO_2, se empleó un medidor de flujo, y se identificó las dimensionales de medición de cada servicio, litros para el agua y kg para el aire comprimido y el CO_2 en Kg. La medición de energía eléctrica se realizó en Kilovatios/hora.</p>	<p>Al departamento de servicios de la planta deben seguir utilizando la medición de servicios y realizar los mantenimientos requeridos para los medidores, así como brindar seguimiento mensual a las mediciones de los servicios de la planta.</p>
	<p>¿Qué son los medidores de flujo y de energía, y cual método utilizan para la medición de variables?</p>	<p>Investigar sobre los medidores de flujo y energía para la medición de servicios, como se contabilizan estos datos.</p>	<p>Los medidores de flujo nos dan los consumos por medio de una señal digital la cual se programó cuantas unidades medidas por pulso y el medidor de energía nos dio los consumos por medio de comunicación directamente hacia el software de energía eléctrica.</p>	<p>Se evidencio que la contabilización de datos se realiza de forma fácil siempre y cuando se apoye en los medidores de flujo y energía eléctrica, para calcular el costo de servicios.</p>	<p>Al departamento de servicios de planta emplear el software de energía eléctrica y del concentrador para extraer los datos de consumos de servicios y pueda calcular sus costos de servicios.</p>
	<p>¿Cómo realizar una base de datos para calcular el costo unitario de un producto terminado?</p>	<p>Acumular los datos de consumos de servicios para determinar el costo unitario del producto fabricado.</p>	<p>Las bases de datos se programaron de acuerdo con la información que dan los medidores de flujo y energía. Ya con las bases de datos se procede a los cálculos necesarios de costos de servicios.</p>	<p>Se analizaron los costos de los servicios de la planta con datos simulados y con el método sugerido se determinó que el costo unitario del producto AM es de Q 1.75 y con este costo unitario también se determinó la utilidad de un 34 %.</p>	<p>Al departamento de costos el análisis de las bases de datos para poder generar reportes de los consumos de servicios generales de la línea de producción y con base a estos realizar un análisis del precio de venta versus la utilidad.</p>

Continuación apéndice 1.

	Problema	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
GENERAL	¿Cómo realizar mediciones de servicios principales para el cálculo de costos y rentabilidad?	Implementar un sistema de medición de servicios principales, por medio de medidores de flujo y energía para el cálculo de costos y rentabilidad de cada producto producido en la una línea de producción.	La implementación se realizó en solo una línea de producción de la planta de producción de bebidas y se realizó en una línea de bebidas, y se analizó la producción de una bebida en un intervalo de 48 horas.	La implementación de los medidores de flujo y energía eléctrica ayuda a determinar el cálculo de los costos de servicios en una línea de producción de bebidas, y con estos datos se puede calcular los costos totales y también el % de rentabilidad. Al tener un histórico de estos consumos se pueden tomar mejores decisiones en el ahorro de los consumos de servicios para mejorar la productividad de las líneas de producción.	Al departamento de servicios de la empresa de bebidas, la instalación de medidores de flujo y energía eléctrica en las demás líneas de producción de la planta completa, para que se pueda continuar con esta implementación y tener una herramienta funcional para el análisis de costos de servicios, también se les recomienda darle seguimiento mes a mes y realizar comparaciones para el análisis de estos consumos y poder realizar planes de mejora en estos servicios.

Fuente: elaboración propia.