



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO DE PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA PARA  
EL CONTROL DE ELABORACIÓN Y REVESTIDO DE ELECTRODOS CELULÓSICOS,  
EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE  
PARA SOLDADURA**

**Oliver Enoch Calderón Gómez**

Asesorado por el MSc. Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO DE PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA PARA  
EL CONTROL DE ELABORACIÓN Y REVESTIDO DE ELECTRODOS CELULÓSICOS,  
EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE  
PARA SOLDADURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OLIVER ENOCH CALDERÓN GÓMEZ**

ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS LEONEL MUÑOZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
EXAMINADOR	Ing. José Luis Antonio Valdeavellano Ardón
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
SECRETARIO	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez

## **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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO DE PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA PARA EL CONTROL DE ELABORACIÓN Y REVESTIDO DE ELECTRODOS CELULÓSICOS, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE PARA SOLDADURA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha marzo de 2013.

**Oliver Enoch Calderón Gómez**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226**



AGS-MGIPP-005-2017

Guatemala, 09 de marzo de 2017.

Director  
 Francisco Gómez Rivera  
 Escuela de Ingeniería Industrial  
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Oliver Enoch Calderón Gómez** carné número **200819262**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

**Carlos Leonel Muñoz Lemus**  
 Ingeniero Industrial  
 Maestría en Administración Industrial  
 y de Empresas de Servicio  
 Colegiado No. 10.585

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus  
 Asesor (a)

Dra. Alba Maritza Guerrero Spinola  
 Coordinadora de Área  
 Gestión de Servicios

**ALBA MARITZA GUERRERO DE LOPEZ**  
 INGENIERA INDUSTRIAL  
 COLEGIADA No. 4611

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
 Director  
 Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
 /la



REF.DIR.EMI.038.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO DE PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA PARA EL CONTROL DE ELABORACIÓN Y REVESTIDO DE ELECTRODOS CELULÓSICOS, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE PARA SOLDADURA**, presentado por el estudiante universitario **Oliver Enoch Calderón Gómez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

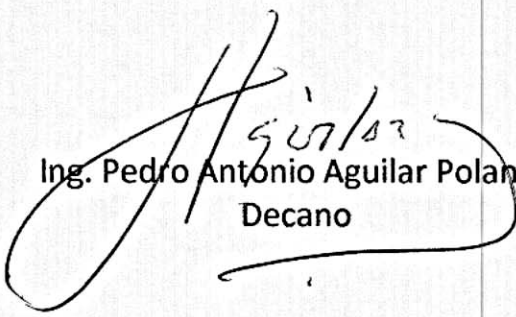


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 155.2017

El Decano 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 Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO DE PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA PARA EL CONTROL DE ELABORACIÓN Y REVESTIDO DE ELECTRODOS CELULÓSICOS, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE PARA SOLDADURA**, presentado por el estudiante universitario: **Oliver Enoch Calderón Gómez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, marzo de 2017

/gdech



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Breve descripción de la empresa .....	7
3.2. Descripción del problema .....	7
3.3. Formulación del problema .....	8
3.4. Viabilidad .....	9
3.5. Delimitación .....	9
3.6. Consecuencias .....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS.....	17
7.1. Fabricación de electrodos y materiales para soldadura .....	17
7.2. Empresa .....	17
7.2.1. Generalidades .....	18
7.2.2. Misión .....	18



7.2.3.	Visión .....	18
7.2.4.	Objetivos .....	19
7.2.5.	Estrategia corporativa que posee la empresa.....	19
7.3.	Modelos de producción estandarizada .....	20
7.3.1.	Producción .....	20
7.3.2.	Clasificación de la producción .....	21
7.3.3.	Tipos de modelos de producción .....	21
7.3.4.	Producción en masa:.....	22
7.3.5.	Producción por procesos.....	22
7.3.6.	Sistemas de producción intermitente .....	23
7.3.7.	Sistemas de producción modular .....	23
7.3.8.	Sistemas de producción por lotes.....	23
7.3.9.	Sistemas de producción por proyectos .....	23
7.4.	Elaboración y revestido de electrodos celulósicos.....	24
7.4.1.	El revestimiento y sus funciones .....	24
7.4.2.	Función eléctrica .....	25
7.4.3.	Estabilización .....	25
7.4.4.	Función física .....	25
7.4.5.	Gas de protección .....	25
7.4.6.	Versatilidad en el proceso .....	26
7.4.7.	Función metalúrgica .....	26
7.5.	Tipos de revestimientos .....	26
7.5.1.	Revestimiento celulósico .....	27
7.5.2.	Revestimiento ácido .....	28
7.5.3.	Revestimiento de rutilo .....	28
7.5.4.	Revestimiento básico .....	29
7.6.	El electrodo .....	32
7.6.1.	Clasificación .....	32
7.6.2.	Propiedades y aplicaciones .....	33

7.6.3.	Electrodos celulósicos .....	33
7.6.3.1.	Características mecánicas .....	33
7.6.4.	Electrodos ácidos .....	34
7.6.4.1.	Características mecánicas .....	34
7.6.5.	Electrodos de auto contacto.....	34
7.7.	Normalización según UNE y AWS .....	35
7.8.	Electrodos EWP.....	36
7.9.	Electrodos EWTh.....	36
7.10.	Electrodos EWCe .....	37
7.11.	Electrodos EWLa.....	38
7.12.	Electrodos EWZr.....	38
7.13.	Electrodos EWG .....	39
7.14.	Electrodos para soldadura por arco de metal y gas .....	39
7.14.1.	Selección del electrodo para soldadura por arco de metal y gas .....	42
7.14.2.	Composición del electrodo para GMAW .....	43
7.15.	Electrodos con núcleo de fundente: .....	46
8.	ÍNDICE DE PROPUESTA.....	49
9.	METODOLOGÍA .....	53
9.1.	Diseño .....	53
9.2.	Enfoque .....	53
9.3.	Tipo de estudio .....	53
9.4.	Análisis y obtención de la información .....	54
9.5.	Alcances .....	54
9.6.	Variables e indicadores.....	54
9.6.1.	Variables.....	54
9.6.2.	Independientes: .....	55

9.6.3.	Dependientes: .....	55
9.7.	Fases de metodología a aplicar.....	56
9.8.	Resultados esperados.....	57
9.9.	Población y muestra.....	57
9.10.	Instrumentos para la recolección de información:.....	58
9.10.1.	Observación .....	58
9.10.2.	La encuesta.....	59
9.10.3.	Check list.....	59
9.10.4.	Entrevistas .....	59
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	61
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	63
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD.....	65
12.1.	Recursos.....	65
12.1.1.	Recursos humanos .....	65
12.1.2.	Recursos físicos, intelectuales y materiales .....	65
12.1.3.	Recursos financieros .....	66
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
14.	APÉNDICE .....	71
15.	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura organizacional.....	19
2.	El revestimiento y sus funciones .....	24
3.	Especificación AWS A5.1.....	35
4.	Electrodos recomendados para GMAW .....	44
5.	Electrodos y sus diversas funciones.....	48

### TABLAS

I.	Distintos tipos de revestimientos y sus componentes principales .....	31
II.	Principales tipos de revestimiento de los electrodos .....	32
III.	Variables e indicadores .....	56
IV.	Total de recursos financieros .....	66



# 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación consiste en la sistematización de los procesos de fabricación de los electrodos que son varillas de hierro ya sea recocido o crudo, dependiendo del requerimiento del cliente y el trabajo que se ejecute; para ello se emplean diversidad de núcleos con distintos calibres, los cuales al momento de soldar piezas se vuelve una sola unidad con el material de aporte, el hierro.

En una fábrica de electrodos y material de aporte para soldadura, no existe un esquema que regule un control de producción estándar y un manejo adecuado de los materiales que se usan para elaborar electrodos.

Es importante encontrar una solución estandarizada que se establezca dentro de la fábrica, por lo cual el trabajo de investigación se enfocará a verificar el estado actual de la empresa para hacer un diagnóstico que ayude a establecer el problema de la falta de control y estándares de su rendimiento y calidad del producto que se obtiene.

Con el trabajo de investigación se espera contribuir con objetivos de relación y alcances relacionados a la productividad y eficiencia estandarizada en todo el proceso de la planta de electrodos industriales, así mismo alcanzar con el beneficio de una empresa mejor posicionada en el ramo de su categoría.

Los electrodos son importantes en la construcción, reparación de cualquier pieza que requiera de su unión homogénea. De acuerdo a los electrodos celulósicos la materia más importante de estos es el revestimiento, el cual tiene

como función proteger el núcleo interno de acero contra las variaciones del ambiente. Los electrodos se usan para unir dos piezas de metal, por medio de calor, fusión o arco eléctrico.

El revestimiento de un electrodo, por soldadura eléctrica, permite que el núcleo o varilla de acero se adhiera de una mejor manera equitativa por toda la pieza a trabajar, asimismo se torna una soldadura limpia y libre de porosidad.

Con el desarrollo de la investigación se espera proponer a una empresa de fabricación de electrodos celulósicos y material de aporte, una producción estandarizada de los productos finales que se ofrecen para que la empresa tenga un mejor beneficio en las ganancias netas por cada electrodo producido.

La propuesta aportará estrategias de las diferentes variables que se manejen a lo largo de la investigación, como por ejemplo, las variables de tiempo y peso, por cada electrodo producido por la organización.

Se espera que las recomendaciones aportadas a la investigación sean de provecho para el investigador como para la organización donde se realiza los mejoramientos de los procesos de fabricación establecerán nuevos parámetros de controles y procesos de almacenamiento y producción ininterrumpida.

En el primer capítulo, se desarrolla el marco teórico que da el origen y el pilar principal de la investigación.

En el capítulo segundo, se describe el diagnóstico de la empresa, se crea realizando los análisis que corresponden.

El tercer capítulo contiene la presentación y discusión de resultados, mediante comparaciones de hojas de cálculo, diagramas de ingeniería.

En el cuarto capítulo, se presenta la propuesta de solución para la investigación.

Los beneficios del desarrollo de la investigación se verán reflejados en la disminución de reclamos de clientes, posible aumento de mercado, aumento de producción, disminución de productos no conformes, desechos y aumentar los estándares de calidad del sector.

Las fases a realizar en el estudio definirán los lineamientos a seguir, para desarrollar todo el contenido que se desea investigar, y obtener como resultado la disminución de los reclamos de clientes, productos no conformes, no conformidades y colocar al producto un valor agregado.

El planteamiento del problema se hará en el capítulo uno, basado en los antecedentes históricos como los antecedentes teóricos que apoyaran la investigación realizada en la empresa.

En el capítulo dos, se analizará la situación actual de la empresa apoyada en el análisis Foda, involucrados, que resultados se esperan por parte de la empresa y del investigador. Este análisis también contendrá los procesos actuales de revisión y control en las áreas de investigación.

En el capítulo tres, se realizará el modelo del sistema de aseguramiento de la calidad, encontrando los puntos críticos de calidad de las materias primas y productos terminados en la empresa, posteriormente se plantearan los



objetivos de indicadores y formas de medición de los mismos para las áreas en evaluación en la empresa.

En el capítulo cuatro, se diseña un plan de implementación del sistema de aseguramiento de calidad basado en 5's y requerimientos de ISO 9001:2008, y se desglosaran los beneficios que se tienen para los involucrados; el cliente, la empresa, los colaboradores, los proveedores, subcontratos, el sector productivo, el investigador y los accionistas. El objetivo es darle a conocer a los involucrados la metodología a implementarse y la forma en la que se estarán midiendo sus procesos, con la finalidad de evitar conflictos y falta de cooperación entre ellos.

En el capítulo cinco, se evaluará el nivel de aceptación del sistema de aseguramiento de calidad basado en 5's y requerimientos de ISO 9001:2008, con auditorías de cumplimiento, resultado de indicadores, seguimiento de implementación de las herramientas y se propondrán herramientas para asegurar el seguimiento a la conformidad del sistema para su posterior certificación.

## 2. ANTECEDENTES

De acuerdo a Casillas (2001) analiza que existen tres tipos de electrodos metálicos o varillas que existen en el mercado son: desnudos, con fundente, y con revestimiento grueso. Utilizados para unir diferentes metales, mediante fusión que el calor genera. Muchos de los materiales que se usan para relleno o soldadura de unión, es de tipo metálico en su mayoría con un gran porcentaje de hierro dulce o acero al carbono dependiendo del recocido que necesite la varilla para su elaboración.

Según Barrada (2005) afirma lo siguiente: “El recocido se refiere al tratamiento por el cual ocurren cambios en la estructura y las propiedades de un material luego que ha sido calentado y mantenido a una temperatura apropiada, y después enfriado a un ritmo razonablemente lento” lo cual nos explica como ocurren los cambios en la estructura de un material recocido.

Como los describió ortega (2012) dentro del análisis que se efectuó en la incidencia de propiedades mecánicas de ciertos metales cuando se refleja al recocido, se habla que un material al ser calentado en un determinado tiempo y a cierta temperatura podemos encontrar que la propiedad cristalina del metal cambia repentinamente para lograr mejorar la dureza del mismo, y así permitir una mejora adherencia del material al momento de usarlo con arco eléctrico.

Según Celada (2015) explica que los aceros inoxidable constituye un grupo de aceros de aleación basados en aleaciones de cromo y zinc, así como de cromo y níquel para lo cual requiere que por cada cien por ciento de material de hierro se le debe agregar un mínimo de 10.5 por ciento y así se puede evitar

la corrosión en los materiales de aporte para soldadura de cualquier tipo, ya sea para aplicarlo a oxiacetileno como para soldadura por arco eléctrico.

Aguilar (2000) hace reflexión que la “calidad no cuesta y que es gratis, pero lo que sí cuesta dinero es lo que no tiene calidad” refiriéndose a la fabricación de varillas de aleación para elaboración de electrodos y material de aporte, según sea el caso los electrodos que se fabrican deben seguir una norma americana de estándar que es la (AWS) Sociedad Americana de Soldadura por sus siglas en inglés. Es necesario destacar que la calidad va amarrada al proceso de fabricación de varillas de electrodos, por lo que es necesario seguir algunos normativos para esta investigación.

Castro (2013) en su investigación da relevancia a la composición del revestimiento del electrodo, la cual se trata de una dosificación y tratamiento de diversas sustancias utilizadas para este fin, sin embargo se suelen utilizar hasta cuarenta minerales y sustancias distintas como arena de rutilo, mármol, combinación de polvo de hierro y manganeso, así como celulosa y algunas sustancias orgánicas y minerales. En la fabricación de la pasta para revestir el núcleo del electrodo suelen intervenir óxidos naturales, de hierro, óxido de silicio, silicatos naturales, caolín, talco, concentrados, ferroaleaciones y aglomerantes.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En una empresa de elaboración de engranajes, ejes, electrodos industriales y material de aporte para soldadura no existe un esquema que se enfoque en un control específico de la producción y manejo adecuado de los materiales que se usan para elaborar electrodos, lo cual genera desperdicios y baja calidad del producto que se produce teniendo notables puntos críticos con ciertos tiempos innecesarios y bajo control de cada proceso que se lleva, desde el almacén del alambrón hasta la varilla final como producto para la venta.

#### **3.1. Breve descripción de la empresa**

ECA es una empresa guatemalteca que inicia operaciones en 1966, como empresa pionera en el ramo de fabricación de materiales de aporte y soldaduras. Con el objetivo de ofrecer un producto de calidad a la región centroamericana. Actualmente esta fábrica es la única a nivel Centroamérica y contribuye al desarrollo de las industrias e impulsa el crecimiento nacional. El objetivo de la empresa, ser el mejor fabricante de electrodos y materiales de aporte para soldadura más confiable, así mismo ser la solución para sus problemas.

#### **3.2. Descripción del problema**

En la fábrica de electrodos y materiales de aporte para soldadura se ha observado que las bobinas de alambrón SAE 1005 de diámetro 5.5 milímetros que proviene de diversas fabricas ya sea crudo o recocido, se almacenan

inadecuadamente debajo de un pequeño toldo a la intemperie, por las lluvias llega a oxidarlo mientras se almacena.

La empresa cuenta con dos líneas de producción en paralelo donde se elabora la varilla o alma y el recubrimiento donde en la primera línea se genera sobreproducción de la varilla del electrodo la cual es demasiada para que la segunda línea la pueda recibir, generando un cuello de botella en la segunda línea, el proceso de revestido es más lento y sofisticado.

### **3.3. Formulación del problema**

- Pregunta central

¿Cuál es el modelo de producción estandarizado para el control de elaboración y revestido de electrodos celulósicos y materiales para soldadura?

- Preguntas de investigación
  - ¿Cómo se hace el proceso de elaboración y fabricación de los productos para controlar la producción y reducción de mermas y desperdicios en el área de electrodos industriales?
  - ¿Qué herramientas se pueden aplicar para la mejora de los procesos de fabricación de electrodos?
  - ¿Qué procesos se pueden estructurar y mejorar en la producción de electrodos industriales?

### **3.4. Viabilidad**

Se harán visitas de campo solicitando acceso a la empresa para observar los movimientos que se realizan desde que entra el material a la planta de producción, hasta que se termine el producto elaborado. Así mismo se solicitará información en la planta, como reportes de cantidad de producto terminado, pedidos de materia prima entre otros documentos que facilite el estudio. El trabajo se realizará como propuesta para dar a conocer las mejoras que se consideren necesarias el según la investigación.

### **3.5. Delimitación**

- Espacial

La empresa comercializadora y fábrica de productos para soldadura se encuentra en diversos puntos de la ciudad capital, por lo cual se trabajará en el límite de la ciudad capital de Guatemala.

- Período histórico

De mayo de 2016 a diciembre de 2017.

### **3.6. Consecuencias**

A través de la propuesta estandarizada de producción de electrodos y material de aporte para soldadura, se pretende encontrar una mejoría en la fabricación general del producto terminado, para generar mayor satisfacción del cliente. Adicionado a esto se evitarían almacenes innecesarios de producto defectuoso, aumentando las ganancias.

De proponerse la empresa podría manifestar resistencia al cambio, lo que regularmente sucedería en cualquier empresa, como se tiene establecido un patrón posible que se sigue durante años, puede que no quieran arriesgarse a cambiar algunos aspectos, por ello lo que se hará es presentar los estudios para que se pueda controlar el cambio.

Si aceptan la propuesta, se mejoraría la producción de la planta, se tendría menos merma y desperdicios, lo cual convendrá en gran parte a la misma.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación se relaciona con la línea de investigación de producción. Abarca la productividad, y el rendimiento de los procesos. Se relaciona con varios de los cursos de la maestría en gestión industrial, entre ellos ingeniería de la productividad logística, principios y fundamentos de la calidad, tecnologías de la calidad, implementación de sistemas de calidad y evaluación de proyectos industriales.

La importancia de llevar esta investigación a cabo está fundamentada en generar una mejor competitividad para la empresa, con esto se podrá comparar lo que se mejoraría en el proceso de elaboración del electrodo y material de aporte con los números actuales.

Surge la necesidad de estandarizar y optimizar los procesos de elaboración en la empresa, a raíz de que algunas estaciones generan tiempos críticos y ciertas veces se realizan procesos de forma manual para compensar procesos mal realizados.

Motivación del investigador, el aprendizaje y la práctica de los conocimientos adquiridos en el aula, los podré aplicar en la investigación en la cual podré usar las herramientas de análisis de diferentes cursos que estoy recibiendo en la maestría; además, primero Dios, podré graduarme de Ingeniero y Maestro en Gestión Industrial.



Beneficios y beneficiarios, todos los beneficios serán siempre para mejorar porque podremos dar un detalle más adecuado para el problema que se está generando por no tener una base de comparación al elaborar los productos.

Los beneficiarios podrán documentar todos los procesos que se estén haciendo y los que se harán en el futuro, partiendo de una base más apoyada a estándares de calidad y perfección.

## 5. OBJETIVOS

### **General**

Proponer un modelo de producción estandarizada para el control de elaboración y revestido de electrodos celulósicos, en una planta de fabricación de electrodos y materiales de aporte para soldadura.

### **Específicos**

1. Evaluar la situación actual del área de producción de electrodos utilizada, por parte de la empresa.
2. Analizar las herramientas que se utilizarán en las diferentes etapas de fabricación de electrodos celulósicos y material de aporte.
3. Determinar los diferentes métodos existentes para la fabricación de electrodos celulósicos y material de aporte para soldadura.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Surge la necesidad de estandarizar el control de elaboración y revestido de electrodos, debido a que se realizan procedimientos de forma ambigua y sin un adecuado control de calidad, que permita una fabricación adecuada del producto terminado.

Así mismo, las operaciones de corte, revestido y empaclado no determinan en qué cantidades de electrodos se fabrican por unidad de bobina, lo que genera menos competitividad y desconocimiento de los costos, por la fabricación final de electrodos, no puede estimar el costo de mano de obra por cada alambre transformado en electrodo, como también la cantidad específica de revestido de cada electrodo, solamente se le da importancia a el lote que sale por hora de producción.

Con las necesidades anteriores, se propone utilizar métodos y diferentes herramientas de calidad y logística integral eficiente, para manejar un proceso más limpio que no afecte la producción y que aumente la competitividad.

- Se analizarán las bobinas de alambón no procesado, la eficiencia de maquinaria, la mano de obra, los tiempos de entrega entre los subprocesos, siguiendo una metodología de producción continua y eficiente.
- Se utilizarán diagramas de maquinaria-hombre, diagramas de tiempos productivos y tiempos no productivos, para determinar causas como la inadecuada manipulación de la materia prima y el desaprovechamiento del tiempo como recurso.

- Se efectuarán estudios necesarios específicos en cada etapa de producción en cada segmento de la logística que se lleva desde que el alambrón es ingresado, hasta que sale en forma de electrodo como producto terminado, para disminuir materiales inutilizados.

Se establecerán formatos con el diseño apropiado que permitan una continua medición y monitoreo de los electrodos defectuosos; así mismo, llevar un control de la cantidad que se debe recuperar para no alterar el proceso de fabricación.

## **7. PLANTA DE FABRICACIÓN DE ELECTRODOS**

### **7.1. Fabricación de electrodos y materiales para soldadura**

Las empresas que fabrican electrodos deben tener especialización de equipos, materias primas de calidad y procesos limpios en cada producción, es así como ECA líder en Guatemala se expande a nivel nacional y regional teniendo sucursal de mayoreo en Costa Rica, donde se posiciona como una de las marcas de electrodos líderes en ese país; brindando confianza y soluciones de calidad a cada cliente que lo requiere.

ECA es el mayor proveedor de alambre trefilado para la industria de la construcción e industria metalurgia en Guatemala y Centro América.

El electrodo es una varilla delgada de hierro que dependiendo de su fabricación tiene diferentes mezclas de materiales para hacerlo más duro o más suave en su aplicación; así mismo, el revestimiento que lo protege contiene diferentes tipos de minerales que lo cubren durante el proceso de soldadura, lo que genera una superficie limpia cuando se aplica en el arco eléctrico.

### **7.2. Empresa**

La empresa de electrodos industriales y material de aporte para la cual se elabora esta investigación a mediados de la década de los ochentas, se inicia como una organización que presta servicios de recuperación de ejes industriales y elaboración de todo tipo de engranajes; actualmente se amplía en áreas como la metalmecánica en la cual se ejecutan conocimientos

tecnológicos, gestión de operaciones de procesos de fabricación, instalación y mantenimiento de maquinarias agrícolas industriales, así como en el área automotriz.

### **7.2.1. Generalidades**

La fábrica de electrodos celulósicos tiene como actividad principal la elaboración y fabricación de varillas de acero recocido o crudo que dispone de un revestimiento, el cual se compone de diversos materiales químicos, minerales o sintéticos lo cual le da un cuerpo de distintos calibres a la varilla.

Esta fábrica dispone de un conjunto de máquinas conectadas unas con otras para lograr completar todo el proceso de fabricación de electrodos, dichas máquinas principalmente son: troqueladoras, niqueladoras, soldadoras por inducción, cortadoras, así como maquinaria de rodillos y bandas de transportación para lograr una fabricación en masa.

### **7.2.2. Misión**

Es una de las empresas guatemaltecas de crecimiento local en el ámbito de soldaduras, busca un proveedor de trascendencia en soldaduras y composturas del sector industrial.

### **7.2.3. Visión**

Ser una empresa reconocida a nivel centroamericano, busca servir con productos de soldadura y material de aporte de la más alta calidad con precios competitivos.

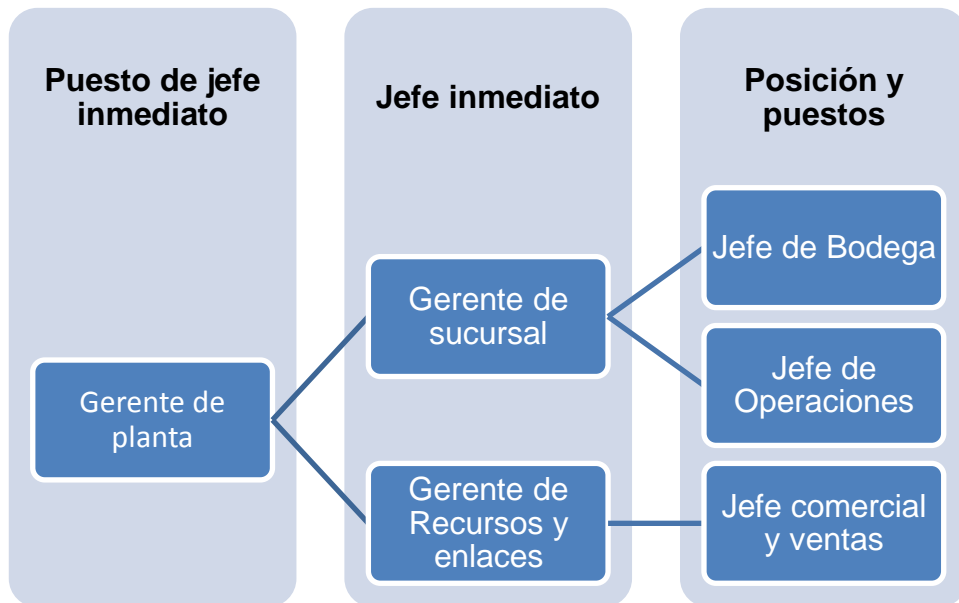
#### 7.2.4. Objetivos

- La sostenibilidad industrial con el paso de los años, basado en la lealtad de nuestros clientes.
- Cuidado del medio ambiente es un gran compromiso para la empresa que apoya el reciclado de materiales, para contribuir en la disminución del consumo de combustibles.

#### 7.2.5. Estrategia corporativa que posee la empresa

Está ubicado en un lugar céntrico de Guatemala como es la ciudad capital, tiene el objetivo de facilitar a sus clientes la accesibilidad del abastecimiento necesario para la proyección de sus productos.

Figura 1. Estructura organizacional



Fuente: elaboración propia.



### **7.3. Modelos de producción estandarizada**

Torres (2001) explica que un modelo de producción estandarizada es el método de producción que se utiliza para ejecutar, producir, o procesar materia prima sin limitación, a través de una serie de pasos de flujo continuo que admite mantener los materiales en constante movimiento y, habitualmente, funcionando las 24 horas al día, siete días a la semana con alguna parada de observación para mantenimiento, aunque idealmente poco frecuentes. Sus principales características son:

- El flujo de fabricación es constante e ininterrumpido.
- Los productos están normalizados y estandarizados.
- Toda la producción debe seguir unos estándares de calidad.
- Se provoca con anticipación a la demanda.
- Las programaciones de trabajo están prefijados.

#### **7.3.1. Producción**

Chivaenato (2010) conceptualiza desde los tiempos que el hombre ha conocido la intervención de las máquinas para hacer productos a mayor escala, ha logrado mejorar la manufactura de productos cuyos procesos han ido mejorando de acuerdo a las demandas y necesidades de sus compradores, los cuales cada vez son exigentes.

Eduard (2008) define la producción como la acción de convertir materia prima para obtener productos terminados en cantidades industrialmente grandes desde su elaboración hasta adquirir un número que será mayor o menor a las estimaciones de mercado o demanda que se hayan podido investigar de acuerdo a sus proyecciones. Gracias a la producción en masa se

han podido elaborar productos estéticamente iguales, así como bienes que se ajustan a las necesidades y demandas de las personas, se obtienen mayores ganancias para las empresas creando valor y calidad para el cliente.

### **7.3.2. Clasificación de la producción**

Chapman (2005) define lo siguiente: producción primaria: usualmente relacionado con la exploración de recursos que provienen directamente de la naturaleza, se explotan los recursos provenientes de la tierra como minerales, metales, frutos, entre otros.

York (2005) refiere a la producción secundaria: la actividad económica relacionada a este punto tiene como principal transformación los productos que se obtienen de la actividad primaria desarrollada por las industrias que se ocupan de generar otras industrias.

Kalpakjian (2002). Producción terciaria: Regularmente en esta actividad se realiza la interacción de compra venta de bienes y servicios por cada industria o empresa. Estas no fabrican bienes ni transforman la materia prima, únicamente venden o compran los productos ya terminados.

### **7.3.3. Tipos de modelos de producción**

Torres (2001) menciona que este método de producción se utiliza para elaborar fabricar, producir, o procesar materiales sin interrupción, a través de un proceso de flujo continuo que permite conservar los materiales en constante movimiento y, generalmente, trabajando las 24 horas al día, siete días a la semana con alguna parada de mantenimiento, aunque idealmente deberían ser poco frecuentes.

Everett (1991) define así sus principales características:

- El flujo de fabricación es constante.
- Los productos están estandarizados.
- Toda la elaboración sigue unos estándares de eficacia.
- Se produce con adelanto a la demanda.
- Las programaciones de trabajo están establecidos.

Demanda constante cuando se tiene un determinado lote de producción y se hace de manera ininterrumpida, para crear productos de consumo masivo.

Demanda variable cuando los productos se hacen de una manera determinada para cierto tiempo o espacio, lo cual lleva a crear ciertos tipos de materiales especiales que se llevan en función del consumo o pronósticos determinados para estudios de mercado.

#### **7.3.4. Producción en masa:**

Se basa en la producción de grandísimas cantidades de elementos estandarizados con base a líneas de ensambladura.

#### **7.3.5. Producción por procesos**

En este caso, el creciente ensamble de materiales también es continuo, pero todo el sistema productor se destina a la producción de un solo producto, el cual, una vez alcanzado, no puede de ninguna manera dividirse en sus materias primas.

### **7.3.6. Sistemas de producción intermitente**

Chapman (2006) menciona acerca de los procesos de innovación de este tipo ocurren a momentos irregulares y sin continuación de flujo. Los productos son producidos con base en los pedidos del cliente y, por eso, los bienes se producen con pequeña sucesión. En este método, se producen grandes variedades de productos en los que volumen, diseño y otras características intrínsecas al bien pueden modificar, por lo que la elasticidad es una de las principales características que las diferencias de los tipos de sistemas de producción ininterrumpida.

### **7.3.7. Sistemas de producción modular**

Esta forma de producción parte de un rumbo que subdivide un sistema en partes más pequeñas, denominadas módulos, y que pueden ser establecidas de forma independiente.

### **7.3.8. Sistemas de producción por lotes**

Este procedimiento de fabricación se utiliza para originar cantidades limitadas de un mismo producto bajo demanda.

### **7.3.9. Sistemas de producción por proyectos**

Chapman (2006) este es el caso más complicado de producción interrumpida, los requerimientos en componentes de recursos varían conforme evolucionan las fases del proyecto, los roles intervinientes se enlazan y pueden contener personal externo a la compañía (contratas) y la necesidad de control y monitorización es superior a otros tipos de sistemas de fabricación para

garantizar el reajuste del planning por una parte, y, por otra, para adecuarse a las exigencias de auditoría que se imponen en cada caso.

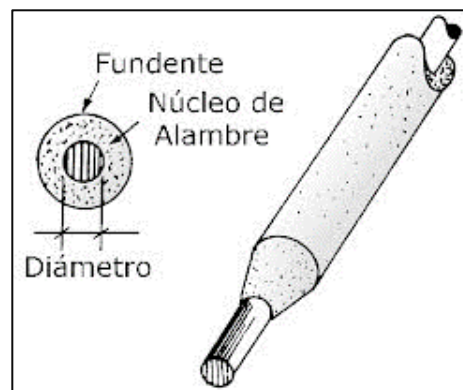
#### **7.4. Elaboración y revestido de electrodos celulósicos**

Ortega (2012) menciona el material de aportación que se usa en el proceso MMA se conoce como electrodo y consiste regularmente en una varilla metálica, generalmente acero de algún tipo en específico, recubierta de una capa o revestimiento concéntrico de flux o más bien conjunto de metales extruidos y secos. La fabricación de electrodos se ejecuta en dos líneas en paralelo: varilla o alma, y revestimiento.

##### **7.4.1. El revestimiento y sus funciones**

Los revestimientos son mezclas de diferentes materiales que ayudan y actúan durante el proceso de fisión del electródo como núcleo central de un material de aporte y sus funciones son muy importantes.

Figura 2. **El revestimiento y sus funciones**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

#### **7.4.2. Función eléctrica**

Mejorar la conductancia y relleno del arco eléctrico, para ello se le aplican unas dosis de silicatos, alcalinos, óxidos ferrosos y de antimonio que favorecen un mejor acabado.

#### **7.4.3. Estabilización**

Una vez generado el cordón eléctrico es necesario que se estabilice para controlar el proceso de adherencia y garantizar que el cordón tenga un buen acabado. Para todo esto en la composición del revestimiento debe dominar la presencia de iones positivos durante el proceso de pegadura.

#### **7.4.4. Función física**

Casillas (2001) la formación de escorias se debe al revestimiento que protege el núcleo durante la adherencia, mejora las propiedades mecánicas y metalúrgicas del cordón que resulta del proceso. La escoria debe sobresalir como una espuma quedando atrapada en la superficie que protege.

#### **7.4.5. Gas de protección**

La función protectora se consigue mediante la formación del gas que generan los diferentes tipos de silicatos dominantes en la mezcla del chorro de soldadura. Los elementos se adhieren al material mientras lo protege y evita la formación de óxidos.

#### **7.4.6. Versatilidad en el proceso**

La presencia en el electrodo permite ejecutar la soldadura en todas las posiciones.

#### **7.4.7. Función metalúrgica**

Morales (2014) dice que mejorar las características mecánicas. Mediante la protección o revestimiento se pueden optimizar ciertas particularidades del cordón de soldadura resultante, mediante el empleo de algunos elementos en la composición de la cáscara y de la varilla que se incorpora en el baño del cordón durante el proceso de aplicación de soldadura.

Reducir la celeridad de enfriamiento. Al permitir un enfriamiento más calmado del cordón, se evaden choques térmicos que estimulen la aparición de estructuras más frágiles. Ello se consigue porque las escorias producidas quedan flotando en el baño de fusión y forman una capa protectora del cordón, que además sirve de protección e aislamiento térmico que reduce su celeridad de enfriamiento.

### **7.5. Tipos de revestimientos**

La estructura química del revestimiento interviene de manera definitiva en aspectos de los procesos de soldadura, tales como, la fundición del material la estabilidad del arco, la profundidad de penetración, la transferencia de material, la pureza del baño, etc. A continuación, se indican los principales tipos de revestimientos utilizados para los electrodos:

### **7.5.1. Revestimiento celulósico**

Noj (2005) menciona acerca de su constitución química está formada fundamentalmente por celulosa integrada con combinaciones ferrosas (magnesio y silicio). La celulosa contenida va a desprender gran cantidad de gases y humos en su combustión, lo que va a reducir la producción de desechos en el cordón de soldadura, a la vez que va a permitir hacer la soldadura en posición vertical descendente.

Robert (1983) revela que el chorreo de fusión que se logra con este tipo de protector o revestimiento va a ser "caliente", con la fusión de una notable cantidad de material base, lo que provoca cordones de soldadura con una gran profundidad de penetración. Ello es debido al elevado contenido de hidrógeno, presente en la constitución química de este tipo de protector.

Guzmán (2005) explica que en general, las características mecánicas de la soldadura que se consiguen con este tipo de revestimientos son ideales u óptimas, aunque el aspecto terminable del cordón pueda ser perfecto. Ello es debido a la casi total ausencia de la protección líquida entregada por este revestimiento, lo cual va a impedir una modelación inmejorable del baño durante su solidificación.

Para electrodos que manejen este revestimiento, la corriente de soldadura, dada la insuficiente persistencia del arco, es habitualmente en corriente continua (CC) con polaridad inversa.



### **7.5.2. Revestimiento ácido**

Noriega (2013). Su estructura química se fundamenta principalmente en óxidos de hierro, y en aleaciones de combinaciones ferrosas de manganeso y silicio. Va a generar un rociado muy fluido, lo que no va a permitir formar la soldadura en algunas posiciones. Por otro lado, este tipo de protector del núcleo no va a dotar al flujo de un gran poder de lavado en el material base, por lo que puede generar aberturas en el cordón.

Su aplicación se centra fundamentalmente en aceros de bajo contenido en azufre, carbono y fósforo. La escoria de alrededor que produce se elimina fácilmente y presenta una estructura porosa.

Las características mecánicas que va a generar el cordón de soldadura son aceptables, aunque de resiliencia en disminución. Este tipo de corteza va a garantizar una buena persistencia del arco, lo que los hace idóneos tanto para el empleo de corriente continua (CC), como de corriente alterna (CA).

### **7.5.3. Revestimiento de rutilo**

York (1994) indica que en su composición química influye un mineral nombrado rutilo, combinado en un 95 % de bióxido de titanio, que brinda mucha firmeza y indica una óptima estabilidad del arco y una muy elevada fluidez del baño, lo que se convierte en un buen aspecto final del cordón de soldadura.

El revestimiento de rutilo, en cualquier proceso, va a responder una fundición dulce, de cómoda realización, con formación abundante de escoria de una consistencia viscosa y de fácil eliminación, lo cual va a admitir un buen deslizamiento, sobre todo en colocación plana. Se sugiere su uso para aquellos

lugares donde el material base no presente muchas contaminaciones, debido a que estos revestimientos no contienen efectos limpiadores. Además, no evaporan bien y por lo tanto, pueden desarrollar más hidrógeno hermético en el cordón de soldadura.

Para concentraciones donde se pretenda mejorar el rendimiento, mantiene la estabilidad del arco, se pueden emplear varillas donde se combina el revestimiento de rutilo con otros elementos, como la celulosa (electrodos rutilo-celulósicos) o la fluorita (electrodos rutilo-básicos).

Debido a la gran permanencia del arco que presenta este tipo de revestimiento en las varillas, se hace posible su empleo, tanto con corriente alterna (CA) como con corriente continua (CC) en polaridad inversa o directa. Tiene gran aplicación cuando los grosores a soldar son muy reducidos.

#### **7.5.4. Revestimiento básico**

Fioravanti (2010) detalla la constitución química de este revestimiento está formada fundamentalmente por óxidos de hierro, fusiones ferrosas y por carbonatos de calcio y magnesio a los cuales, agregando fluoruro de calcio se consigue la fluorita, que es un mineral muy apto para facilitar la fusión del rociado.

Salcedo (2009) este tipo de cáscara posee un gran contenido de depuración del metal base, con lo que se obtienen soldaduras de calidad y de buenas propiedades mecánicas. Las varillas con este tipo de revestimiento soportan elevadas temperaturas de desecación, y por lo tanto el baño no se contamina con hidrógeno.

Tienen una escoria poco abundante, aunque muy densa y de difícil eliminación. Los electrodos con este tipo de revestimientos son aptos para ejecutar soldaduras en posición, verticales, por encima de la cabeza, entre otros.

Por otro lado, Torres (2009), la fluorita hace que el arco sea muy inconsistente, con un baño menos fluido, que da lugar a usuales cortocircuitos debidos a una transferencia del material de aportación a base de grandes granos. Sin embargo, el arco debe conservar muy corto debido a la insuficiente volatilidad de este revestimiento. En definitiva, todo esto hace necesario que el soplete que haga uso de este revestimiento para los electrodos de soldadura tenga mucha práctica y buena habilidad en el proceso.

Para electrodos con este tipo de revestimiento se encarga el empleo de generadores de corriente continua (CC) en polaridad inversa. Las varillas básicas se distinguen por la gran cantidad de material depositado, y son buenos para la soldadura de grandes espesores.

Los electrodos con revestimiento principal son muy absorbentes, por lo que se recomienda conservarlos en ambiente seco y en recipientes cerrados.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los distintos tipos de revestimientos y sus componentes principales:

Tabla I. **Distintos tipos de revestimientos y sus componentes principales**

Componente	Función	Tipo de Revestimiento			
		Celulósico	Ácido	Rutilo	Básico
Celulosa	Gas Protector	25-40%	0-5%	2-12%	0%
Carbonato Cálcico			0-5%	0-5%	15-30%
Esparto de Flúor	Formador de Escoria				15-30%
Rutilo TiO <sub>2</sub>		10-20%	0-5%	30-55%	15-30%
Feldespatos			5-20%	0-20%	0-5%
Arcilla			0-5%	0-10%	
Sílice			5-20%		
Óxido de Mn				0-20%	
Óxido de Fe				15-45%	
FerroManganeso	Desoxidante	5-10%	5-20%	5-10%	2-6%
Ferrosilicio			0-5%	5-10%	5-10%
Silicato Sódico	Aglomerante	20-30%	5-15%	5-10%	0-5%
Silicato Potásico		Estabilizador		0-5%	5-15%

Fuente: Sosa E. (2001) Ilustración de revestimientos (figura 1) recuperado de <http://Ingenieríamecanica.com>.

En esta otra tabla que se anexa, se consigue observar el resultado protector de cada tipo de electrodo. En ella se indica el porcentaje cercano de nitrógeno absorbido por la soldadura y el espesor de hidrógeno absorbido por 100 gramos de metal acumulado.

Así mismo, puede observarse que el revestimiento básico es el que suministra la excelente protección y, por tanto, proveerá soldaduras de mayor calidad.

Tabla II. Principales tipos de revestimiento de los electrodos

Principales tipos de revestimiento de los electrodos		
Tipo de revestimiento	Porcentaje de nitrógeno	Volumen de H por 100 gr/cm <sup>3</sup>
Ácido	0.034	9.0
Básico	0.015	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	1.5
Rutilo	0.025	12.0

Fuente: Sosa E. (2001) Ilustración de revestimientos (figura 2) recuperado de <http://IngenieríaMecanica.com>.

## 7.6. El electrodo

### 7.6.1. Clasificación

Para la unión de los materiales constituidos en acero, los electrodos se clasifican atendiendo al tipo de revestimiento que concentran. Así se tiene la siguiente clasificación típica:

- Electrodo celulósico
- Electrodo ácido
- Electrodo de rutilo
- Electrodo básico

Otros (electrodos de gran penetración; de gran rendimiento; de auto contacto).

### **7.6.2. Propiedades y aplicaciones**

García (2005) indica ciertas características de las varillas en lo que se refiere a tipo de escoria generada, residuos, metal depositado, tipo de arco eléctrico, características mecánicas del cordón resultante, y sobre cuidados y precauciones a tener en cuenta para cada tipo.

### **7.6.3. Electroodos celulósicos**

- Tipo de escoria: este tipo de electrodos genera una escoria poco voluminosa y de fácil eliminación.
- Metal depositado: el cordón depositado va a contener gran cantidad de hidrógeno ocluido.
- Arco eléctrico: posee una gran penetración y abundantes pérdidas por salpicaduras.

#### **7.6.3.1. Características mecánicas**

- Carga de rotura: 48 kg/mm<sup>2</sup>.
- Alargamiento en rotura: 28 %.
- Límite elástico: 40 kg/mm<sup>2</sup>.
- Resiliencia a 0° C: 75 Julios.

Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos se utilizan principalmente para soldadura de tuberías, siendo su uso generalizado en soldaduras de oleoductos. Es adecuado su uso para ejecutar soldaduras en posición y producen una gran cantidad de humos.

#### **7.6.4. Electroodos ácidos**

- Tipo de escoria: genera una escoria poco adherente (por el Mn) y de fácil expulsión. A su vez es de color negro y de estructura esponjosa.
- Metal depositado: el cordón va a resultar con un alto contenido en impurezas. No obstante, la presencia de hidrógeno va a ser mínima que en el caso de los celulósicos. Existe peligro de figuración en caliente del cordón si el contenido de C es eminente.
- Arco eléctrico: para este tipo de electrodo regularmente se empleará corriente continua (CC) con polaridad directa, aunque debido a la buena estabilidad del arco se puede emplear también con corriente alterna (CA).

##### **7.6.4.1. Características mecánicas**

- Carga de rotura: 48 kg/mm<sup>2</sup>.
- Alargamiento en rotura: 27 %.
- Límite elástico: 38 kg/mm<sup>2</sup>.
- Resiliencia a -20° C: 50 Julios

Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos tiene un escaso uso, su consumo está en trono del 2 %. Básicamente su utilización se restringe para soldaduras de aceros de construcción.

#### **7.6.5. Electroodos de auto contacto**

En estos electrodos el revestimiento contiene Fe en polvo. El arco salta de forma espontánea, y su rendimiento gravimétrico (\*) es superior al 100 % Salcedo (2009).

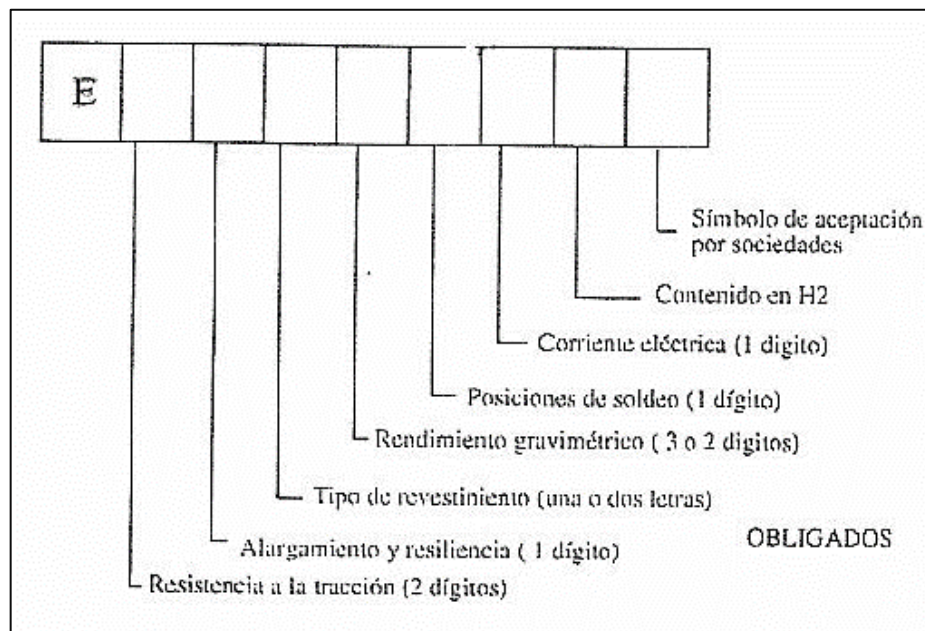
$$(*) \text{ Rendimiento gravimétrico} = \frac{\text{Peso\_Metal\_Depositado}}{\text{Peso\_Varilla\_Metálica}}$$

## 7.7. Normalización según UNE y AWS

Según la American Welding Society (AWS), la clasificación e identificación de los electrodos se realiza de la siguiente manera:

Para la soldadura de aceros al carbono, se emplea la especificación AWS A5.1., que trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

Figura 3. Especificación AWS A5.1.



Fuente: Sosa E. (2001) Ilustración de revestimientos (figura 12) recuperado de <http://Ingenieríamecanica.com>.



## **7.8. Electrodo EWP**

Guzmán (2005) Los electrodos de tungsteno puro (EWP) contienen por lo menos 99.5 % de tungsteno, y ningún elemento de aleación intencional. La capacidad de transporte de corriente de los electrodos de tungsteno puro es menor que la de los electrodos aleados. Los electrodos de tungsteno puro se emplean principalmente con c.a para soldar aleaciones de aluminio y magnesio. La punta del electrodo EWP mantiene un extremo limpio en forma de bola, que produce un arco bastante estable.

Estos electrodos también pueden usarse con c.c, pero no ofrecen las características de encendido y estabilidad del arco de los electrodos con torio, con cerio o con lantano.

## **7.9. Electrodo EWTh**

Morales (2014) indica lo siguiente la emisión termoiónica del tungsteno puede mejorarse con óxidos metálicos que tienen funciones de trabajo muy bajas. El resultado es que los electrodos pueden manejar corrientes de soldadura más altas sin fallar. El óxido de torio es uno de estos aditivos. A fin de evitar problemas de identificación con éstos y otros tipos de electrodos de tungsteno, se marcan con un código de color como se indica en la tabla 1.2. Hay dos tipos de electrodos de tungsteno con torio. Los electrodos EWTh-1 y EWTh-2 contienen 1 % y 2 %, respectivamente, de óxido de torio ( $\text{ThO}_2$ ) llamado toria, dispersado uniformemente en toda su longitud.

Los electrodos de tungsteno con torio superan a los de tungsteno puro en varios aspectos. La toria aumenta en cerca del 20 % la capacidad de transporte de corriente y en general hace al electrodo más duradero; además, tiende a

contaminar menos la soldadura. Con estos electrodos es más fácil encender el arco, y éste es más estable que el producido por

Electrodos de tungsteno puro o de tungsteno con zirconio. Los electrodos EWTh-1 y EWTh-2 se diseñaron para aplicaciones de c.c.e.n. Mantienen una configuración de punta aguda durante la soldadura, lo que es deseable cuando se suelda acero. Casi nunca se sueldan con c.a, sin rajar el electrodo.

El torio es un material radiactivo de muy bajo nivel. No se ha demostrado que el nivel de radiación represente un peligro para la salud, pero si se va a soldar en espacios encerrados durante períodos largos, o si existe la posibilidad de ingerir polvo de amolado de los electrodos, conviene considerar precauciones especiales sobre todo con la ventilación. Se recomienda al usuario consultar con el personal de seguridad apropiado.

Una clasificación de electrodos de tungsteno descontinuada es la clase EWTh-3. Este electrodo tenía un segmento longitudinal o axial con un contenido de toria entre 1.0 y 2.0 %. El contenido de toria medio de todo el electrodo variaba entre 0.35 y 0.55 %. Los avances en la metalurgia de polvos y otras mejoras del procesamiento han hecho que se descontinúe esta clasificación, y ya no es posible encontrar estos electrodos en el comercio.

#### **7.10. Electrodos EWCe**

Garzo (2006) los electrodos de tungsteno con cerio se introdujeron en el mercado estadounidense a principios de la década de 1980. Estos electrodos se crearon como un posible sustituto de los electrodos con torio, porque el cerio, a diferencia del torio, no es un elemento radiactivo.

García (2005) los electrodos EWCe-2 son electrodos de tungsteno que contienen 2 % de óxido de cerio ( $\text{CeO}_2$ ), llamado ceria. En comparación de los electrodos de tungsteno puro, los de tungsteno ceriado tienen menores tasas de vaporización. Estas ventajas mejoran al aumentar el contenido de ceria. Los electrodos EWCe-2 trabajan bien con c.a o c.c.

#### **7.11. Electrodos EWLa**

García (2005) Los electrodos EWLa-1 se inventaron en la misma época que los de tungsteno con cerio y por la misma razón, que el lantano no es radiactivo. Estos electrodos contienen 1% de óxido de lantano ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), conocido como lántana. Las ventajas y características de operación de estos electrodos son muy similares a las de los electrodos de tungsteno ceriado.

#### **7.12. Electrodos EWZr**

Fiovaranti (2010) Los electrodos de tungsteno con zirconio (EWZr) contienen una pequeña cantidad de zirconio. Estos electrodos tienen características de soldadura que generalmente están entre las de tungsteno puro y las de tungsteno con torio. Son los electrodos preferidos para soldar con c.a porque combinan las características deseables de estabilidad del arco y extremo de bolas típicas del tungsteno puro con las características de capacidad de corriente y encendido del arco del tungsteno con torio. Tienen mayor resistencia a la contaminación que el tungsteno puro y se prefieren para aplicaciones de soldadura de calidad radiográfica en las que debe minimizarse la contaminación de la soldadura con tungsteno.

### **7.13. Electrodo EWG**

Garzo (2006) menciona la clasificación de electrodos EWG se asignó a las aleaciones no cubiertas por las clases anteriores. Estos electrodos contienen una adición no especificada de un óxido o combinación de óxidos (de tierras raras u otros) no especificada. El propósito de esta adición es afectar la naturaleza o características del arco, según la definición del fabricante, quien debe identificar la adición o adiciones específicas y la cantidad nominal añadida. Hay varios electrodos EWG disponibles en el mercado en desarrollo. Incluyen electrodos con adiciones de óxido de itrio o de óxido de magnesio. Esta clasificación también incluye los electrodos con cerio o con lantano que contienen los óxidos correspondientes en cantidades distintas de las que se mencionaron, o combinados con otros óxidos.

### **7.14. Electrodo para soldadura por arco de metal y gas**

Celada (2015) en su ensayo descubrió que los electrodos (metales de aporte) para la soldadura por arco de metal y gas (GMAW) están cubiertos por diversas especificaciones de la AWS para metal de aporte. Otras asociaciones que redactan normas también publican especificaciones de metal de aporte para aplicaciones específicas. Por ejemplo, la SAE redacta especificaciones para materiales aeroespaciales. En la tabla 2.4 se muestran las especificaciones de los electrodos de la AWS, designadas como normas A5.XX, aplicables a GMAW. Definen requisitos de tamaño y tolerancias, empaque, composición química y en algunos casos propiedades mecánicas. La AWS también publica cartas de comparación de metales de aporte (Filler Metal Comparison Charts) en la que los fabricantes pueden incluir sus marcas para cada una de las clasificaciones de metal de aporte.

En general, para aplicaciones de unión, la composición del electrodo (metal de aporte) es similar a la del metal base. La composición del metal de aporte puede alterarse un poco para compensar las pérdidas que ocurren en el arco o para desoxidar el charco de soldadura.

En algunos casos, esto apenas requiere modificación de la composición del metal base, pero en ciertas aplicaciones se requiere un electrodo con una composición química muy diferente de la del metal base con el fin de obtener características de soldadura y propiedades del metal de soldadura satisfactorias. Por ejemplo, el mejor electrodo para soldar por GMAW bronce de manganeso, una aleación de cobre y cinc, es uno de bronce de aluminio o de una aleación de cobre-manganeso-níquelaluminio.

Los electrodos más apropiados para soldar las aleaciones de aluminio y acero de más alta resistencia mecánica a menudo tienen una composición diferente de la de los metales base con los que se van a usar. Esto se debe a que las aleaciones de aluminio como la 6061 no son apropiadas como metales de aporte. Por ello, las aleaciones de electrodo se diseñan de modo que produzcan las propiedades de metal de soldadura deseadas con características de operación aceptables.

Aparte de cualesquier otras modificaciones que se hagan a la composición de los electrodos, casi siempre se agregan desoxidantes u otros elementos limpiadores. Esto se hace para minimizar la porosidad de la soldadura o para asegurar que el metal de soldadura tenga propiedades mecánicas satisfactorias. La adición de desoxidantes apropiados en las cantidades correctas es indispensable para producir soldaduras íntegras. Los desoxidantes más utilizados en los electrodos de acero son manganeso, silicio y aluminio. El titanio y el aluminio son los principales desoxidantes que se emplean con los

electrodos de aleación de níquel. Los electrodos de aleación de cobre pueden desoxidarse con titanio, silicio o fósforo.

Los electrodos que se usan para GMAW son de diámetro muy pequeño si se les compara con los de soldadura por arco sumergido o por arco con núcleo de fundente. Son comunes los diámetros de 0.9 a 1.6 mm (0.035 a 0.062 pulg), pero pueden usarse electrodos con diámetro tan pequeño como 0.5 mm (0.020 pulg) y tan grande como 3.2 mm (1/8 pulg).

Como los diámetros de electrodo son pequeños y las corrientes relativamente altas, las velocidades de alimentación del alambre en GMAW son altas, desde unos 40 hasta 340 mm/s (100 a 800 pulg/min) para la mayor parte de los metales, excepto el magnesio, con el que pueden requerirse velocidades de hasta 590 mm/s (1400 pulg/min).

Con tales velocidades de alimentación, los electrodos se proveen en forma de hilos continuos largos de alambre debidamente templados que pueden alimentarse de manera suave y uniforme, a través del equipo de soldadura. Normalmente, los alambres están enrollados en carretes de tamaño conveniente, o en bobinas.

Castro (2013) revela en un pequeño apartado que los electrodos tienen ratios superficie/volumen elevados por su tamaño relativamente pequeño. Cualesquier compuestos o lubricantes de estiramiento que hayan penetrado en la superficie del electrodo durante el proceso de fabricación pueden afectar adversamente las propiedades del metal de soldadura. Estos materiales extraños producen porosidad en aleaciones de aluminio y acero, agrietamiento del metal de soldadura o de la zona térmicamente afectada en aceros de alta resistencia mecánica.

Por lo tanto, los electrodos deben fabricarse con una superficie de alta calidad, para evitar la acumulación de contaminantes en las costuras o traslapes.

Además de usarse en aplicaciones de unión, el proceso GMAW se utiliza ampliamente para recubrir en los casos en que un depósito de soldadura superpuesto puede conferir una resistencia al desgaste o a la corrosión deseable, u otras propiedades. Los recubrimientos normalmente se aplican a aceros al carbono o al manganeso y deben someterse a una ingeniería y evaluación cuidadosas, para garantizar resultados satisfactorios. En las operaciones de recubrimiento, la dilución del metal de soldadura con el metal base se convierte en una consideración importante; es función de las características del arco y de la técnica.

Con GMAW pueden esperarse tasas de dilución del 10 al 50 % dependiendo de la modalidad de transferencia. Por esta razón, lo normal es que se requieran múltiples capas para obtener una química apropiada del depósito en la superficie. La mayor parte de los recubrimientos de metal de soldadura se depositan automáticamente, a fin de controlar con precisión la dilución, la anchura y el espesor de la franja, y el traslape al colocar cada franja junto a la franja precedente.

#### **7.14.1. Selección del electrodo para soldadura por arco de metal y gas**

Casillas (2001) en la ingeniería de ensamblajes soldados, el objetivo es seleccionar los metales de aporte que producirán un depósito de soldadura con dos características básicas:

- Un depósito que se asemeja mucho al metal base en sus propiedades mecánicas y físicas o que lo mejora, por ejemplo, confiriéndole resistencia a la corrosión o al desgaste.
- Un depósito de soldadura íntegro, libre de discontinuidades. En el primer caso, el depósito de soldadura, aunque tenga una composición casi idéntica a la del metal base, tiene características metalúrgicas únicas. Esto depende de factores tales como el aporte de energía y la configuración de la franja de soldadura. La segunda característica generalmente se logra empleando un electrodo de metal formulado, por ejemplo, una que contenga desoxidantes para producir un depósito relativamente libre de defectos.

#### **7.14.2. Composición del electrodo para GMAW**

Álvarez (2013) el electrodo debe satisfacer ciertas demandas del proceso en cuanto a estabilidad del arco, compartimiento de transferencia de metal y características de solidificación. También debe producir un depósito de soldadura compatible con una o más de las siguientes características del metal base:

- Química
- Resistencia mecánica
- Ductilidad
- Tenacidad

Es preciso considerar otras propiedades como la resistencia a la corrosión, la respuesta al tratamiento térmico, la resistencia al desgaste y la igualación de colores. Sin embargo, todas estas consideraciones tienen importancia secundaria en comparación con la compatibilidad metalúrgica del



metal base y el metal de aporte. La American Welding Society ha establecido clasificaciones para los metales de aporte de uso común.

Una guía básica para seleccionar los tipos de metal de aporte apropiados para los metales base que se listan, junto con todas las especificaciones AWS de metal de aporte aplicables.

Figura 4. **Electrodos recomendados para GMAW**

Materiales base			Especificación de electrodo de la AWS
Tipo	Clasificación	Clasificación del electrodo	(Use la última edición)
Aluminio y aleaciones de aluminio (normas ASTM Volumen 2.02)	1100 3003, 3004 5052,5454  5083, 5086 5456 6061,6063	ER4043 ER5356 ER5554, ER5556 o ER5183 ER5556 o ER5356  ER4043 o ER5356	A5.10
Cobre y aleaciones de cobre (normas ASTM Volumen 2.01)	Comercialmente puro Latón Aleaciones Cu-Ni Bronce de manganeso Bronce de aluminio Bronce	ERCu ERCuSi-A, ERCuSn-A  ERCuNi ERCuAl-A2 ERCuAl-A2 ERCuSn-A	A5.7

Continuación de la figura 4.

Materiales base			Especificación de electrodo de la AWS
Tipo	Clasificación	Clasificación del electrodo	(Use la última edición)
Aleaciones de magnesio (normas ASTM volumen 2.02)	AZ10A AZ31B, AZ61A, AZ80A ZE10A ZK21A AZ63A, AZ81A AZ91C AZ92A, AM100A HK31A, HM21A HM31A LA141A	ERAZ61A, ERAZ92A  ERAZ61A, ERAZ92A ERAZ61A, ERAZ92A ERAZ92A  EREZ33A EREZ33A  EREZ33A EREZ33A	A5.19
Níquel y aleaciones de níquel (normas ASTM volumen 2.04)	Comercialmente puro Aleaciones Ni-Cu Aleaciones Ni-Cr-Fe	ERNi ERNiCu-7 ERNiCrFe-5	A5.14
Titanio y aleaciones de titanio (normas ASTM volumen 2.04)	Comercialmente puro Ti-6Al-4V Ti-0.15Pd Ti-5Al-25Sn Ti-13V-11Cr-3Al	ERTi_1, _2, _3, _4 ERTi-6Al-4V ERTi-0.2Pd ERTi-5Al-2.5Sn ERTi-13V-11Cr-3Al	A5.16
Aceros inoxidables austeníticos (normas ASTM volumen 1.04)	Tipo 201 Tipos 301,302 304 y 308 Tipo 304L Tipo 310 Tipo 316 Tipo 321 Tipo 347	ER308  ER308 ER308L ER310 ER316 ER321 ER347	A5.9
Aceros al carbono	Aceros al carbono ordinario rodados en caliente y en frío	E70S-3, o E70S-1 E70S-2, E70S-4 E70S-5, E70S-6	A5.18

Fuente: [www.google.com/ElectrodosrecomendadosparaGMAW](http://www.google.com/ElectrodosrecomendadosparaGMAW). Consulta: noviembre de 2016.

## 7.15. Electrodo con núcleo de fundente

- Generalidades

Barrada (2005) relaciona la soldadura por arco con núcleo de fundente debe buena parte de su flexibilidad a la amplia variedad de ingredientes que se puede incluir en el núcleo de un electrodo tubular. El electrodo por lo regular consiste en una funda de acero de bajo carbono o de aleación que rodea un núcleo de materiales fundentes y de aleación. La composición del núcleo de fundente varía de acuerdo con la clasificación del electrodo y con el fabricante. La mayor parte de los electrodos con núcleo de fundente se fabrica haciendo pasar una tira de acero por una serie de rodillos que la moldean hasta que adquiere una sección transversal en forma de "U". La tira moldeada se rellena con una cantidad medida de material de núcleo (aleaciones y fundente) en forma granular, y posteriormente se cierra mediante rodillos que la redondean y que comprimen con fuerza el material del núcleo. A continuación, el tubo redondo se hace pasar por troqueles o rodillos de estiramiento que reducen su diámetro y comprimen todavía más el núcleo. El proceso de estiramiento continúa hasta que el electrodo alcanza su tamaño final y luego se enrolla en carretes o en bobinas. También se usan otros métodos de fabricación. En general, los fabricantes consideran la composición precisa de sus electrodos con núcleo como un secreto industrial. Si se seleccionan los ingredientes de núcleo correctos (en combinación con la composición de la funda), es posible lograr lo siguiente:

- Producir características de soldadura que van de altas tasas de deposición en la posición plana hasta fusión y forma de franja de soldadura apropiadas en la posición central.

- Producir electrodos para diversas mezclas de gases protectores y autoprotección.
- Variar el contenido de elementos de aleación del metal de soldadura, desde acero dulce con ciertos electrodos hasta acero inoxidable de alta aleación con otros.

Las funciones primarias de los ingredientes del núcleo de fundente son las siguientes:

- Conferir al metal de soldadura ciertas propiedades mecánicas, metalúrgicas y de resistencia a la corrosión mediante un ajuste de la composición química.
- Promover la integridad del metal de soldadura protegiendo el metal fundido del oxígeno y el nitrógeno del aire.
- Extraer impurezas del metal fundido mediante reacciones con el fundente.
- Producir una cubierta de escoria que proteja el metal del aire durante la solidificación y que controle la forma y el aspecto de la franja de soldadura en las diferentes posiciones para las que es apropiado el electrodo.
- Estabilizar el arco proporcionándole un camino eléctrico uniforme, para así reducir las salpicaduras y facilitar la deposición de franjas lisas, uniformes y del tamaño correcto. Una lista con la mayor parte de los elementos que suelen incluirse en el núcleo de fundente, sus fuentes y los fines para que se usan. En los aceros dulces y de baja aleación es preciso mantener una proporción correcta de desoxidantes y desnitrificantes (en el caso de electrodos con autoprotección) a fin de obtener un depósito de soldadura integro con ductilidad y tenacidad suficientes.

Figura 5. **Electrodos y sus diversas funciones**

<b>Elemento</b>	<b>Habitualmente presente como</b>	<b>Propósito al soldar</b>
Aluminio	polvo metálico	Desoxidar y desnitrificar
Calcio	Minerales como fluorospato (CaF <sub>2</sub> ) y piedra caliza (CaCO <sub>3</sub> )	Proveer protección y formar escoria
Carbono	Elemento de ferroaleaciones como el ferromanganeso	Aumentar la dureza y la resistencia mecánica
Cromo	Ferroaleación o polvo metálico	Alearse a fin de mejorar la resistencia a la plastodeformación, la dureza, la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión
Hierro	Ferroaleaciones y polvos de hierro	Matriz de aleación en depósitos con base de hierro, aleación en depósitos con base de níquel o de otro metal no ferroso
Manganeso	Ferroaleación como el ferromanganeso o como polvo metálico	Desoxidar; evitar la friabilidad en caliente al combinarse con azufre para formar MnS; aumentar la dureza y la resistencia mecánica; formar escoria

Fuente: Sosa (2001) Ilustración de revestimientos (figura 18) recuperado de <http://Ingenieríamecanica.com>.

## 8. ÍNDICE DE PROPUESTA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Empresa

1.1.1. Generalidades

1.1.2. Misión

1.1.3. Visión

1.1.4. Objetivos

1.1.5. Estrategia corporativa que posee la empresa

1.1.6. Estructura organizacional

#### 1.2. Modelos de producción estandarizada

1.2.1. Producción

1.2.2. Clasificación de la producción

1.2.3. Tipos de modelos de producción

1.2.4. Producción en masa

1.2.5. Producción por procesos

1.2.6. Sistemas de producción intermitente

- 1.2.7. Sistemas de producción modular
- 1.2.8. Sistemas de producción por lotes
- 1.2.9. Sistemas de producción por proyectos
- 1.3. Elaboración y revestido de electrodos celulósicos
  - 1.3.1. El revestimiento y sus funciones
  - 1.3.2. Función eléctrica
  - 1.3.3. Estabilización
  - 1.3.4. Función física
  - 1.3.5. Gas de protección
  - 1.3.6. Versatilidad en el proceso
  - 1.3.7. Función metalúrgica
- 1.4. Tipos de revestimientos
  - 1.4.1. Revestimiento celulósico
  - 1.4.2. Revestimiento ácido
  - 1.4.3. Revestimiento de rutilo
  - 1.4.4. Revestimiento básico
- 1.5. El electrodo
  - 1.5.1. Clasificación
  - 1.5.2. Propiedades y aplicaciones
  - 1.5.3. Electrodos celulósicos
  - 1.5.4. Electrodos ácidos
  - 1.5.5. Electrodos de auto contacto
- 1.6. Normalización según UNE y AWS
  - 1.6.1. Tipos de normalizaciones UNE
  - 1.6.2. Tipos de normalizaciones AWS

## 2. DIAGNÓSTICO

## 3. PRESENTACIÓN

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
5. PROPUESTA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS





## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Diseño**

La propuesta de investigación es de tipo no experimental y no se realizarán pruebas de laboratorio para recabar información, ya se tiene disponible información de los procesos para los fines de este estudio.

### **9.2. Enfoque**

En este caso, el enfoque será mixto de tipo cuantitativo, se analizarán datos como los tipos de electrodos, sus diferentes presentaciones, así como los materiales que se utilizan para fabricarse, y de tipo cualitativo marco teórico, con base en la naturaleza de las variables siguientes:

- X1= material de revestimiento
- X2= calibre de alambón
- X3= cantidad de electrodos no utilizados.

### **9.3. Tipo de estudio**

El tipo de estudio será descriptivo y se estudiarán variables cualitativas, por medio de la organización análisis y los procesos que se observarán la investigación, que de la misma manera serán explicativos porque se describirán en las operaciones pertinentes durante su desarrollo.

Asimismo, se identificarán los aspectos fundamentales para lograr que el estudio se lleve de manera eficiente y que permita identificar atribuciones que lleven a fabricar una mejor calidad de electrodos celulósicos.

#### **9.4. Análisis y obtención de la información**

La fabricación de electrodos es un desarrollo de investigación bastante amplio y se basa de acuerdo a estatutos que se deben cumplir para su elaboración. Para investigar todo lo relacionado a los electrodos industriales se deberá hacer un diagnóstico del proceso para reconocer qué y cuáles elementos están perjudicándolo haciendo referencia a un formato de uso que no cumpla con los fines de la empresa.

#### **9.5. Alcances**

La investigación tiene un alcance descriptivo. El monitoreo y gestión de la planeación de producción se realiza por medio de una recopilación de datos informativos que ayudarán en gran parte al tipo de investigación que será realizada.

#### **9.6. Variables e indicadores**

##### **9.6.1. Variables**

A continuación, se describirán de manera detallada las variables a utilizar en el estudio:

### **9.6.2. Independientes**

Tiempos de producción por cada varilla de electrodo: este indicador cuantifica el valor en que cada varilla de electrodo es producida por unidad de tiempo.

Incidencia del peso de los revestimientos celulósicos: este indicador permite medir la cantidad en gramos del revestimiento por cada núcleo de acero.

### **9.6.3. Dependientes**

Costo por tonelada: esta variable está en función de las toneladas, permite tener un valor económico de referencia para la unidad de medida de interés.

Tiempos de almacén: esta variable está sujeta a la demanda de pedidos por lotes fabricados.

Tabla III. **Variables e indicadores**

variable	tipo de variable	tipo	indicador	tipo de control	técnica	unidad de medida
requerimiento de viajes del área comercial ocupación de unidades del total disponibles envío programación de unidades según transportista costo por kilómetro costo por tonelada kilómetros recorridos	dependiente dependiente dependiente dependiente independiente	nominal nominal nominal nominal nominal	número de viajes programados (mensual) unidades asignadas del total de la flota viajes asignados por transportista	control por medio de herramienta logística de transporte	reducción de costos en la operación de transporte observación indirecta	viajes programados unidades asignadas/total de unidades precio del viaje/kilómetros recorridos precio del viaje/toneladas ocupadas
cumplimiento de viajes asignados	dependiente	nominal	viajes realizados vrs viajes programados(mensualmente)	control por medio de herramienta logística de transporte	Reuniones mensuales con transportistas	viajes programados/ viajes realizados
tiempo de carga de unidades tiempo de unidades en planta ocupación física de furgones	dependiente	nominal	tiempo de unidades en rampas de cliente porcentaje de ocupación del espacio total de la unidad	mediante sistema de bascula, boleta de carga y boleta de ocupación de unidades	lectura de sistema de bascula para control de estadías en planta diagrama de ishikawa análisis causa y efecto estudio de tiempo	hora ingreso - hora de salida porcentaje de ocupación del furgon /porcentaje total del furgon

Fuente: elaboración propia.

### 9.7. Fases de metodología a aplicar

- Fase 1: Se realizará una revisión documental de antecedentes del tema a investigar, así como propuestas existentes de fabricación y elaboración de electrodos, sistemas de inventarios, producción en línea, comportamiento de la demanda de producción.
- Fase 2: Durante esta fase se pretende describir los tipos de fabricación continua que utiliza la organización, tomando en cuenta los tiempos y requerimientos mínimos que se necesitan para cada etapa de fabricación. Esta fase se realizará por medio de observación y análisis del modelo actual de la empresa.

- Fase 3: En esta fase se buscarán las herramientas necesarias que permitirán registrar y documentar toda la información de la producción actual, para posteriormente proponer las mejoras necesarias en cada estación o línea de producción dentro de la planta.
- Fase 4: Durante la elaboración de esta fase se buscará proponer un diseño de producción estandarizado de producción de electrodos y materiales de aporte para soldadura dentro de la organización.

### **9.8. Resultados esperados**

Con el estudio de investigación se espera que la planta cuente con toda la información relacionada a los diferentes tipos de medidas y mejoras que se describirán en la presente investigación, la confiabilidad de los resultados se garantiza al contar con el respaldo y criterio de una norma o código técnico, logrando con ello que la decisión de aceptación/rechazo de una discontinuidad detectada, sea la más adecuada y precisa; de lo contrario, todo quedará sujeto a un análisis y evaluación empírica y representará una deficiencia por alcanzar ahorros económicos significativos en aspectos como: control de calidad, diseño, proceso o mantenimiento, según sea el caso.

### **9.9. Población y muestra**

Como muestra, se documentarán los datos históricos de fabricación por lotes durante el año 2015, 2016, así como la cantidad de electrodos que permanecen en los inventarios y el tiempo de cada lote almacenado.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(N - 1)E^2 + Z^2 * p * q}$$

n= Tamaño de la muestra

N= Valor de la población

Z=Valor critico correspondiente a un nivel de confianza deseado

p= Nivel de ocurrencia o incidencia de un evento proporcional

q= Nivel de no ocurrencia de un evento proporcionalmente

E= Error

Para la realización de este estudio se realizará con base a la cantidad de electrodos que salen defectuosos por día que son en promedio 53.

$$\text{Hora} * 8\text{horas} = 424 \text{ electrodos.}$$

Entonces Z corresponde al 95%; exactitud del 5% esperanza matemática 5 %.

$$n = \frac{424 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05 * (320 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95} = 5$$

Según el resultado, indica que se deben analizar 5 electrodos defectuosos.

## **9.10. Instrumentos para la recolección de información:**

### **9.10.1. Observación**

Se utiliza como una herramienta para hacer las referencias del medio, familiarizarse con el mismo, tomar notas de registros y patrones comunes durante el estudio.

### **9.10.2. La encuesta**

Al realizar cuestionarios en papel, será el mejor medio de interactuar con todo el personal de la empresa, verificar y considerar aspectos directos que afecten los datos tomados en la observación en un periodo de tiempo estimado.

Se harán cuestionarios individuales con preguntas directas, parciales sobre la producción en planta y bodegas.

### **9.10.3. Check list**

Con formatos establecidos de las actividades que estén presentes en la planta, se podrá basar en modelos ya definidos adecuados a la producción y ritmo de la planta.

### **9.10.4. Entrevistas**

Por medio de entrevistas con personeros de la fábrica, permitirán hacer preguntas abiertas sobre temas de producción y entregas. Inicialmente puede ser confuso para el personal, por lo que se deberá hacer en un lugar aislado y neutro para que no haya malos entendidos.





## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Se utilizarán técnicas de estadística descriptiva como:

La recolección de datos de diferentes variables de operación de las líneas de producción se estará utilizando una tabla con diversos puntos como la cantidad de bobinas que ingresan a la planta, la cantidad de varillas por cada bobina de alambón de 5.5mm que relacionan el control operativo con una hoja estructurada de observación (ver anexo).

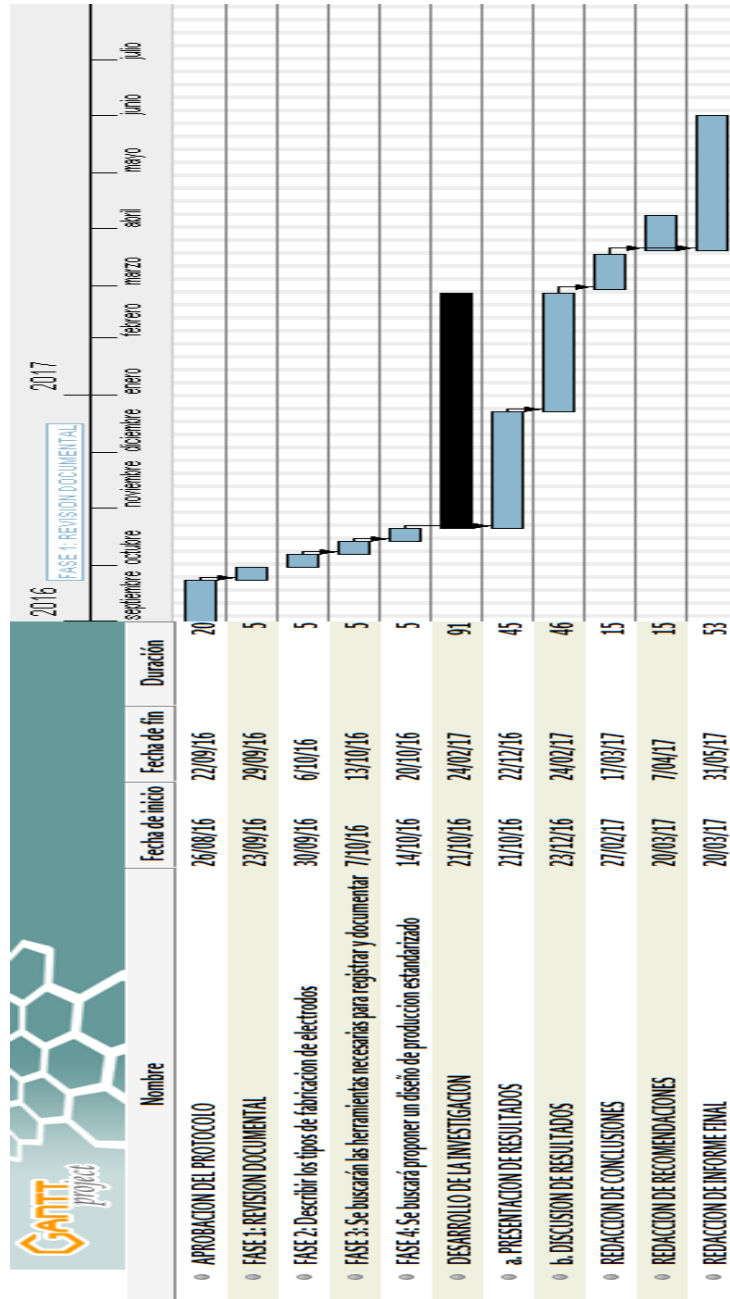
La recolección de datos se realizará con hojas de cálculo en Excel para un manejo más eficiente y por contener diferentes herramientas que proporciona este programa. Se utilizará procesadores de palabras como Word, programas de Power Point para recabar datos históricos y análisis de records.

Considerando que se podrá dar un alcance descriptivo, se tendrán gráficos generados a través de datos previamente tabulados que ayuden a un mejor análisis e identificación de los desvíos actuales en relación a los que se esperan obtener.

Se analizarán los datos de las diferentes variables para identificar y ubicar el problema, así como se realizarán encuestas entre los operarios para saber qué causas puede afectarle para no lograr una buena concentración en el proceso de fabricación.



## 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Fuente: elaboración propia.



## **12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD**

El trabajo de investigación es factible porque se cuenta con todos los recursos necesarios para realizarlo. A continuación, se presentan los recursos y factibilidad del estudio:

### **12.1. Recursos**

Para llevar a cabo el estudio, se hace necesario tener los recursos financieros, físicos, intelectuales y humanos, los cuales se detallan:

#### **12.1.1. Recursos humanos**

Los recursos humanos que la presente investigación necesita para llevarse a cabo son:

- 1 investigador
- 1 asesor de la investigación
- Equipo de la planta en cuestión

#### **12.1.2. Recursos físicos, intelectuales y materiales**

Los recursos materiales, físicos intelectuales y materiales necesarios son:

- 1 computadora
- 1 modem con acceso a internet

- Hojas de diferentes formatos y tamaños
- 1 impresora
- 1 grabadora
- Lapiceros, lápices, borrador, corrector, sacapuntas, tablero de soporte para las hojas, zapatos cómodos, gorra,
- Libros de texto
- Conocimientos de ingeniería
- Actitud

### 12.1.3. Recursos financieros

El total de los recursos financieros serán amortizados por el investigador, los cuales se detallan a continuación.

Tabla IV. **Total de recursos financieros**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>Lapiceros</b>	4	Q1.00	Q4.00
<b>Resmillas de papel bond 80 gramos</b>	3	Q45.00	Q135.00
<b>Folder con gancho</b>	4	Q2.50	Q10.00
<b>Asesor</b>	1	Q2500.00	Q2500.00
<b>Investigador</b>	1	Q7500.00	Q7500.00
<b>Suministros de tinta para impresora</b>	4	Q100.00	Q400.00
<b>Gastos totales</b>			Q10549.00

Fuente: elaboración propia.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, A. E. (2000). *Manual de Gestión de Calidad, Sistemas Constructivos en Acero S.A. de c.v.* Instituto Tecnológico de la Construcción Delegación Yucatán, Ingeniería y construcción. México: cmic.
2. Alvarez, A. E. (2013). *Análisis de fallas de una máquina extrusora de electrodos.* Tesis de pregrado en Ingeniería Industria y de Sistemas., Universidad de Piura , Area departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Perú. Recuperado el 2016.
3. Barrada, J. E. (2005). *Soldabilidad de un acero de blindaje con electrodos de acero inoxidable austenítico.* Tesis de Maestría, Universidad de Medellín Colombia, Programa de posgrado, Colombia. Recuperado el 2016.
4. Casillas, J. C. (2001). *Dosimetría termoluminiscente en el proceso de soldadura por arco eléctrico.* Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León.
5. Castro, J. E. (2013). *Estudio de la Susceptibilidad a la corrosión bajo esfuerzos de uniones en tuberías de acero API 5L, X70 obtenidas por soldadura SMAW y MMA.* Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Programa de Maestrías en ciencias de la ingeniería mecánica, Nuevo León. Recuperado el 2016.



6. Celada Rios, E. S. (2015). *Ensayos de soldadura al arco con electrodo*. Guatemala, Ciudad Guatemala.
7. Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción* (Primera ed., Vol. I). México, D.F., México: PEARSON EDUCACIÓN. doi:ISBN: 970-26-0771-X.
8. Chiavenato, I. (2003). *Gestión del Talento Humano* (Novena ed.). (H. A. Peña, Ed.) Madrid España, Madrid, España: Mc Graw Hill. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016.
9. Deming, W. E. (1989). *Calidad productividad y competitividad, La salida de la crisis*. Madrid: Diaz de Santos S.A.
10. Fioravanti, E. (2010). *El concepto de modo de producción* (Tercera ed., Vol. I). (Eduard, Ed.) Italia, Viena, Italia: Edicions 62.
11. García, F. A. (2005). *Reestructuración para el departamento de producción de la empresa de servicios técnicos industriales, TECNOIN*. Tesis de pregrado Escuela de Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Mecánica Industrial, Guatemala. Recuperado el 2016.
12. Garzo, L. F. (2006). *Control de tiempos en el proceso de producción de electrodos de centroamerica*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Guatemala. Recuperado el 2016.

13. Guzmán, J. M. (2005). *Ensayos destructivos y no destructivos de probetas de acero soldadas con electrodos revestidos*. Tesis de Licenciatura, Universidad Austral de Chile, Chile. Recuperado el 2016.
14. Jaime torres Salcedo, E. E. (2009). *Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados* (Vol. 1). Barranquilla, Colombia, Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte.
15. Javier Rolando Garzón Vargas, H. F. (2015). *Mejoramiento del proceso productivo de electrodos celulósicos en soldaduras west arco S.A.S*. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial, Universidad Libre de Colombia Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Bogotá D.C. Recuperado el 2016.
16. Morales, D. Y. (2014). *Clases de electrodos utilizados en soldadura, fabricados y distribuidos en guatemala*. Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 2016.
17. Noj, L. E. (2005). *Aspectos técnicos de la soldadura para el curso procesos de manufactura II*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica, Guatemala. Recuperado el 2016.
18. Noriega, J. P. (2013). *Diseño de la investigación de la evaluación y análisis del comportamiento de defectos inducidos de porosidad, falta de penetración y socavación en probetas de acero al carbono astm a36 soldadas con soldadura de arco protegido a través de*

*métodos de ensayo*. Tesis de la Escuela de Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Guatemala. Recuperado el 2016.

19. Ortega, I. W. (2012). *Análisis de recocido en soldadura de acero AISI 1018 con Electrodo AWS E-7018 y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas*. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
20. Rios, E. S. (2015). *Ensayos de soldadura al arco con electrodo revestido en acero inoxidable austenítico AISI 304*. Tesis de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 2016.
21. York, J. (1994). *60 Calitividad, la mejora simultánea de la calidad y la productividad*. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A.

## 14. APÉNDICE

### Apéndice 1. Hojas estructuradas de observación

Hoja de observación para manejo de maquinarias y materia prima			
Lugar y área de observación	Fecha:		Nombre
INDICADORES	SI	NO	Observaciones
Traslado de materia prima es adecuado			
El piso de la planta se mantiene limpio			
¿Los materiales que se utilizan tienen certificación?			
¿los operarios usan equipo de protección?			
¿Las bobinas siguen la secuencia de colocación?			
¿la maquinaria cuenta con manual de servicio?			
¿Hay recipientes para desechos específicos?			
Hoja de observación del proceso durante la elaboración			
Lugar y área de observación	Fecha:		Nombre
INDICADORES	SI	NO	Observaciones
¿El alambroón se mide antes del proceso?			
¿Se supervisan regularmente las horas-hombre del proceso?			
¿los operarios usan alfombrillas anti estrés?			
¿Es adecuada la iluminación dentro de su área?			
¿Las sillas o bancos son ergonómicas?			
¿Se dan tiempos de descanso?			
¿Hay recipientes para desechos específicas?			
¿las maquinas tienen un buen mantenimiento?			

Fuente: elaboración propia.



## 15. ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta área operativa

#### Encuesta área operativa

ECA

Nombre del encuestado: _____	Nº de encuesta: _____
Hora de comienzo: __ : __	Hora de finalización: __ : __

#### Presentación

#### Perfil del encuestado

Edad \_\_\_\_\_ Sexo  Hombre  Mujer

#### Descripción del producto

1.- En una escala del 1 al 6, dónde 6 es "muy interesante" y 1 es "nada interesante"

¿Cómo de interesante es [Nombre del producto] para ud.?

1	2	3	4	5	6

2.- ¿Cuál o cuales de las siguientes características le atraen del producto?

Funcionalidad  Facilidad de uso  De moda  [Otras variables]  Ninguna de las anteriores

Otra (por favor, especifique)

#### Distribución del producto

3.- ¿En qué lugar o lugares le gustaría poder comprar este producto?

Internet  Tienda  [Otros lugares]  Otro (por favor, especifique) \_\_\_\_\_

4.- ¿A través de qué medio o medios le gustaría recibir información sobre el producto?

E-mail  Correo postal  Televisión  Anuncios  [Otro medio]

Otra (por favor, especifique)

#### Debilidades del producto

5.- ¿Cuál o cuales de las siguientes características no le atraen del producto?

No lo necesito  Es muy caro  Es difícil de usar  [Otras variables]

Continuación del anexo 1.

## Encuesta área operativa

ECA

Otra (por favor, especifique)

6.- Partiendo de la base que el precio de este producto le pareciera aceptable... ¿qué probabilidad habría de que lo comprase?

- Lo compraría en cuanto saliera al mercado
- Lo compraría dentro de un tiempo
- Puede que lo comprase dentro de un tiempo
- No creo que lo comprase
- No lo compraría

### Precio del producto

7.- ¿Compraría este producto a un precio de [Q100]?

- Muy probablemente
- Probablemente
- Es poco probable
- No es nada probable
- No lo sé

### Comentarios sobre el producto

8.- Este producto es de la empresa [Nombre de la empresa]. ¿Eso lo hace más, o menos interesante para ud.?

- Más interesante
- Menos interesante
- Ni más ni menos interesante, no hay diferencia
- No lo sé

9.- ¿Tiene algún comentario o sugerencia para [Nombre de empresa] sobre el producto?

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

Fuente: empresa en estudio.

