



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

“INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIGINALES AL SISTEMA DE
ARCOMEX”

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:
NERI ESCAMILLA SÁNCHEZ

ASESOR
ING. BENJAMÍN DARÍO ÁNGULO RAMÍREZ

APIZACO, TLAX., OCTUBRE DEL 2025



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

2



Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, 01/octubre/2025

Oficio No. MM-592/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Opción X.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	NERI ESCAMILLA SÁNCHEZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
No. De Control:	05370713
Nombre del Proyecto:	"INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIGINALES AL SISTEMA DE ARCOMEX".
Producto:	TITULACIÓN POR LA OPCIÓN X, INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO DE METAL-MECÁNICA

BENJAMÍN DARIO RAMÍREZ ANGULO
ASESOR

EFREN SÁNCHEZ FLORES
REVISOR

JAVIER PALACIOS LÓPEZ
REVISOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 324, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Tzompantepec, Tlaxcala, **02/octubre/2025**

ESCAMILLA SÁNCHEZ NERI
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 05370713.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **X: MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIGINALES AL SISTEMA ARCOMEX"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES**

ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor el Mtro. Benjamín Darío Ramírez Angulo que contribuyo a la realización de este proyecto con su orientación, paciencia, valiosas observaciones y a lo largo de mi formación profesional, a mis revisores al ing. Efrén Sánchez Flores y al ing. Javier Palacios López.

A Dios que es fuente de sabiduría, su presencia de este logro no habría sido posible sin darme la salud, la energía y la claridad para darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mi familia por su amor incondicional, apoyo constante y confianza. Gracias por ser mi refugio y mi mayor motivación.

A mi madre María Celerina Sánchez Lezama por los principios y valores que me enseñó que fueron los pilares para poder cumplir mis metas tanto profesional como personal

Agradezco a mis hermanos por el apoyo incondicional que ha dado en mi vida y en especial a mi hermana el Ing. Olivia Escamilla Sánchez y a Lic. Dulce María Escamilla Sánchez por su cariño y por las palabras de aliento en los días difíciles y por estar presentes incluso en la distancia, su apoyo fue el motor constante para no rendirme y llegar hasta aquí.

Gracias.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.2 OBJETIVO.....	9
1.3 JUSTIFICACIÓN	9
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	9
1.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	9
1.6 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	11
1.7 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	12
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	13
2.1. ENGARZADO DE CABLE TERMINAL.....	13
2.2 APLICADOR	13
2.3 LIBERACIÓN DE CORTE METALGRÁFICO DE ENGARZADO DE CABLE TERMINAL	14
2.4 CRITERIOS DE APLICACIÓN DE ENGARZADO DE CONDUCTOR ÓPTIMAS	15
2.5 CRITERIOS DE APLICACIÓN EN CONDUCTOR DENTRO DE TOLERANCIAS	15
2.5.1 REBABA.	15
2.5.2 ALINEACIÓN DE ABRAZADERAS DE CONDUCTOR.....	16
2.6 NO CONFORMIDADES DEL ENGARZADO DEL CONDUCTOR	17
2.7 CRITERIOS DE ENGARZADO DE AISLANTE COMO ÓPTIMAS.....	19
2.7.1 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO TRASLAPE U OVERLAP	19
2.7.2 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO CORAZÓN O “F”	19
2.8 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DEL AISLANTE.....	20
2.8.1 NO CONFORMIDADES DEL TIPO CORAZÓN O “F”	20



2.8.2 NO CONFORMIDADES DEL TIPO DEL ENGARZADO TIPO TRASLAPE U OVERLAP.....	21
2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS PARA ENGARZADO EN FORMA GENERAL	21
2.10 ENGARZADO DENTRO DE TOLERANCIA	23
2.11 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DE CABLE-TERMINAL	24
CAPITULO III “PROCESO DE FABRICACIÓN FORMADORES Y YUNQUES EN EL SISTEMA DE ARCOMEX S.A de C.V”	25
3.1 LEVANTAMIENTO DE CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LAS HERRAMIENTAS	25
3.2 DIMENSIONES CRITICAS DEL FORMADOR DE COBRE	26
3.2.1 ESPESOR	26
3.2.2 ALTURA DE TRABAJO.....	27
3.2.3 BOCA DE CAMPANA	27
3.2.4 ANCHO (CW)	27
3.2.5 ANGULO DE ENTRADA.....	28
3.3 DIMENSIONES CRITICAS EN LOS FORMADORES DE AISLANTE	28
3.3.1 ESPESOR	28
3.3.2 ALTURA DE TRABAJO.....	29
3.3.3 ANCHO O CW	29
3.3.4 ANGULO DE ENTRADA.....	30
3.4 CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS FORMADORES DE AISLANTE	30
3.4.1 FORMA DE CORAZÓN	30
3.4.2 TRASLAPE DE DOS RADIOS.....	31
3.4.3 REDONDO	31
3.5 DIMENSIONES CRÍTICAS EN LOS YUNQUES DE CONDUCTOR Y AISLANTE	31
3.5.1 ESPESOR DE YUNQUE DE COBRE	31
3.5.2 ESPESOR DE YUNQUE DE AISLANTE.....	32



3.5.3 ALTURAS DE TRABAJO	32
3.5.4 RADIO	32
3.5.6 ANCHOS (CW):	32
3.6 DUREZA DEL ACERO.	33
3.7 DOCUMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	34
3.8. ELABORACIÓN DE DIBUJOS EN AUTOCAD	35
3.9 FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES	35
3.9.1 EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD PARA FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES.....	35
3.9.2 CORTE DE BLANCOS.....	35
3.9.3 FRESADO FRONTAL	36
3.9.3.1 PROCESO DE FRESADO DEL BLANCO.....	36
3.9.4 PROCESO DE TEMPLADO	37
3.9.4.1 ENFRIAMIENTO DEL TEMPLE DE LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES)	38
3.9.4.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO	39
3.9.4.3 FASES DEL REVENIDO PARA LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES).....	39
3.9.4.4 CALENTAMIENTO	39
3.9.4.5 MANTENIMIENTO DE LA TEMPERATURA.....	39
3.10 PERFILADO	40
3.11 PULIDO DE HERRAMIENTAS	41
3.12 EVALUACIÓN DE LAS DE MENCIONES DE LAS HERRAMIENTAS EN COMPARADOR ÓPTICO .	42
CAPITULO IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	42
4.1 RESULTADOS.....	42
4.2. CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE

CAPITULO I DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.2 OBJETIVO.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	5
1.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	5
1.6 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	7
1.7 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	8
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	9
2.1. ENGARZADO DE CABLE TERMINAL.....	9
2.2 APLICADOR.....	9
2.3 LIBERACIÓN DE CORTE METALOGRAFICO DE ENGARZADO DE CABLE TERMINAL	10
2.4 CRITERIOS DE APLICACIÓN DE ENGARZADO DE CONDUCTOR ÓPTIMAS	11
2.5 CRITERIOS DE APLICACIÓN EN CONDUCTOR DENTRO DE TOLERANCIAS	11
2.5.1 REBABA.	11
2.5.2 ALINEACIÓN DE ABRAZADERAS DE CONDUCTOR.....	12
2.6 NO CONFORMIDADES DEL ENGARZADO DEL CONDUCTOR	13
2.7 CRITERIOS DE ENGARZADO DE AISLANTE COMO ÓPTIMAS.....	14
2.7.1 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO TRASLAPE U OVERLAP	15
2.7.2 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO CORAZÓN O “F”	15
2.8 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DEL AISLANTE.....	15
2.8.1 NO CONFORMIDADES DEL TIPO CORAZÓN O “F”	15
2.8.2 NO CONFORMIDADES DEL TIPO DEL ENGARZADO TIPO TRASLAPE U OVERLAP.....	16
2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS PARA ENGARZADO EN FORMA GENERAL	17
2.10 ENGARZADO DENTRO DE TOLERANCIA	18
2.11 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DE CABLE-TERMINAL	19

CAPITULO III “PROCESO DE FABRICACIÓN FORMADORES Y YUNQUES EN EL SISTEMA DE ARCOMEX S.A de C.V”	21
3.1 LEVANTAMIENTO DE CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LAS HERRAMIENTAS	21
3.2 DIMENSIONES CRITICAS DEL FORMADOR DE COBRE	21
3.2.1 ESPESOR	21
3.2.2 ALTURA DE TRABAJO.....	22
3.2.3 BOCA DE CAMPANA	22
3.2.4 ANCHO (CW)	23
3.2.5 ANGULO DE ENTRADA.....	23
3.3 DIMENSIONES CRITICAS EN LOS FORMADORES DE AISLANTE	23
3.3.1 ESPESOR	24
3.3.2 ALTURA DE TRABAJO.....	24
3.3.3 ANCHO O CW	25
3.3.4 ANGULO DE ENTRADA.....	25
3.4 CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS FORMADORES DE AISLANTE	25
3.4.1 FORMA DE CORAZÓN	25
3.4.2 TRASLAPE DE DOS RADIOS.....	26
3.4.3 REDONDO	26
3.5 DIMENSIONES CRÍTICAS EN LOS YUNQUES DE CONDUCTOR Y AISLANTE.....	26
3.5.1 ESPESOR DE YUNQUE DE COBRE	26
3.5.2 ESPESOR DE YUNQUE DE AISLANTE.....	27
3.5.3 ALTURAS DE TRABAJO	27
3.5.4 RADIO.....	27
3.5.6 ANCHOS (CW):	27
3.6 DUREZA DEL ACERO.	28
3.7 DOCUMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	29

3.8. ELABORACIÓN DE DIBUJOS EN AUTOCAD	30
3.9 FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES	30
3.9.1 EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD PARA FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES.....	30
3.9.2 CORTE DE BLANCOS.....	30
3.9.3 FRESADO FRONTAL	31
3.9.3.1 PROCESO DE FRESADO DEL BLANCO.....	31
3.9.4 PROCESO DE TEMPLADO	32
3.9.4.1 ENFRIAMIENTO DEL TEMPLE DE LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES)	33
3.9.4.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO	33
3.9.4.3 FASES DEL REVENIDO PARA LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES).....	33
3.9.4.4 CALENTAMIENTO	34
3.9.4.5 MANTENIMIENTO DE LA TEMPERATURA.....	34
3.10 PERFILADO.....	34
3.11 PULIDO DE HERRAMIENTAS.....	35
3.12 EVALUACIÓN DE LAS DE MENCIONES DE LAS HERRAMIENTAS EN COMPARADOR ÓPTICO .	36
CAPITULO IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	37
4.1 RESULTADOS.....	37
4.2. CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

CAPITULO I DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

Arcomex S.A de C.V es una empresa líder en México y Latinoamérica en la manufactura de arneses para el área automotriz del cliente Volkswagen, está comprometida en alcanzar la excelencia en la calidad.

Un arnés eléctrico es un sistema organizado de circuitos, conectores y otros componentes que transmiten energía y señales eléctricas entre distintos puntos, su función es de proteger, agrupar correctamente las señales para asegurar una conexión eléctrica confiable.

En la fabricación de arneses se encuentra el proceso de engargolado de cable terminal, este es realizado principalmente por una prensa eléctrica-mecánica y un aplicador, es en esta parte del aplicador donde utiliza herramientas que se describirán como formadores y yunques para realizar el engargolado para la unión de cable terminal, para el correcto funcionamiento de dicha unión es necesario cumplir con especificaciones del cliente.

El proyecto está enfocado a la incorporación de herramientas de formadores y yunques a la planta de Arcomex S.A de C.V. En el capítulo uno se da a conocer el objetivo y la justificación del proyecto, alcances y limitaciones, se presenta el organigrama del área de mantenimiento ya que en este departamento dio origen este proyecto, el cronograma de actividades y una breve información de la empresa.

En el capítulo dos están los conceptos básicos de engarzado, aplicador y los criterios de aceptación del cliente VW que se consideraron para la fabricación de las herramientas, se explica las condiciones óptimas y las tolerancias y así como las no conformancias para el engarzado de conductor y aislante.

En el capítulo tres describe el desarrollo del proceso de fabricación las herramientas de los formadores y yunques de los diferentes tipos de proveedores, iniciando con el levantamiento dimensional, dureza del material, esta información es capturada en tablas de Excel y posteriormente se realiza los dibujos en AutoCAD para tener el concentrado de la información para su posterior fabricación.

Teniendo dimensionamiento y las características de las herramientas originales, el proceso de maquinado se inicia con bloques de acero que son cortados con una sierra cinta, rectificadas con una fresadora para dar espesores aproximados a dibujo patrón y realizando barrenos con la fresadora, posteriormente realiza los tratamientos térmicos del templado a alto vacío y revenido con el horno

eléctrico, el perfilado y acabado de las herramientas, son realizadas con rectificadora con la ayuda del optidress y el pulido en acabado espejo es realizado con fibra y pasta.

En el capítulo cuatro describe los resultados obtenidos logrando la fabricación de las herramientas y beneficios obtenidos por este mismo. Se concluye que la maquinaria y equipo existente en planta cumple con los requerimientos del cliente y producción.

1.2 OBJETIVO

Fabricación de herramientas de los formadores y yunques en planta con información controlada, documentada para reducir los tiempos de entrega y teniendo un stock disponible de herramientas para la necesidad de la empresa de Arcomex S.A de C.V.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la adquisición de herramientas originales de los distintos proveedores en el extranjero se tiene la problemática de tiempos de entrega prolongados que pueden poner en riesgo la producción y generar costos adicionales (fletes extraordinarios, tiempos de paro de máquina), tal motivo surge la necesidad en planta de iniciar con la fabricación de las herramientas de los formadores y yunques para solucionar dicho problema y cubrir las necesidades de la misma, cumpliendo con la calidad especificada del cliente.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

El proyecto tiene como alcance el levantamiento dimensional, identificación de las características de los formadores y yunques, de las distintas marcas de aplicadores que ocupa la empresa, la documentación y control de la información, la fabricación de los mismos para uso en la línea de producción, está limitado solo para las herramientas de formadores y yunques debido al tipo de consumo de refacción.

1.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades se inicia con la capacitación de la norma del cliente esto con el objetivo de comprender y tener claro sus especificaciones, la capacitación de los equipos de medición para sus diferentes tipo de usos, la capacitación de las máquinas y herramientas para la fabricación, el dimensionamiento de las herramientas originales, la captura de la información para su control y su futura actualización, la elaboración de los dibujos en AutoCAD, y finalizar con la fabricación de las herramientas en planta, cumpliendo con los estándares de calidad de cliente y las necesidades de producción. En la figura 1.1 se muestra el cronograma de actividades para la incorporación de herramientas originales al sistema de Arcomex.



ARCOMEX S.A de C.V

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA "INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIGINALES AL SISTEMA DE ARCOMEX"

ACTIVIDADES	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
CAPACITACIÓN DE LA NORMA VW																		
CAPACITACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN COMPARADOR OPTICO VERNIER MICROMETRO DE CARAS PLANAS DUROMETRO																		
CAPACITACIÓN DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS CIERRA CINTA FRESADORA HORNO ELECTRICO RECTIFICADORA TALADRO ELECTRICO																		
DIMENSIONAMIENTO DE FORMADORES Y YUNQUES																		
CAPTURA DE LA INFORMACIÓN																		
ELABORACIÓN DE DIBUJOS EN AUTOCAD																		
FABRICACIÓN DE FORMADORES Y YUNQUES																		

ELABORÓ ING. ABEL VAZQUEZ

APROBÓ: JOSE DE JESUS CORTES MORO

Figura 1.1 Cronograma de actividades de incorporación de herramientas originales al sistema de Arcomex

1.6 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Arcomex es una empresa que pertenece el grupo de Condumex y del Grupo Carso, se dedica a la producción de arneses eléctricos y electrónicos, su política se enfoca en ofrecer un servicio basado en valores como la unidad y lealtad, buscando formar un lazo de confianza con los clientes y fabricantes, innovar, capacitar a su personal y buscar soluciones para optimizar recursos en favor del medio ambiente, especialmente en el sector automotriz.

La planta se encuentra ubicada en la localidad de San Gabriel Popocatepla, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros del estado en el estado de Tlaxcala

MISIÓN

Satisfacer con pasión soluciones tecnológicas en conectividad, seguridad y energía que aporten valor y confianza a nuestros clientes de la industria de movilidad con el desarrollo, fabricación, logística y entrega secuencial de sistemas de distribución eléctricos y electrónicos.

VISIÓN

Ser reconocidos por nuestros clientes y accionistas como su mejor opción en el cumplimiento de sus expectativas y necesidades de calidad, precio, servicio, tecnología y rentabilidad

1.7 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento está estructurado por un jefe de mantenimiento que es el responsable del departamento y tiene a su cargo directo al supervisor de mantenimiento a servicios a línea de corte, supervisor de mantenimiento correctivo-servicios y el supervisor de herramientas.

El supervisor de herramientas es el encargado de cotizar y gestionar la adquisición de compra de nuevas herramientas de nuevos proyectos, habilitación de aplicadores para eventos prototipos y la reposición contra Kardex de las mismas, este tiene a su cargo al ingeniero de herramientas que es el responsable de realizar la pruebas para liberación del aplicadores para el uso de producción en línea, también es responsable de que se realicen los inventarios cíclicos y asegurar el stock de las herramientas y que estas aseguren cumplir las especificaciones solicitadas por el cliente. El mecánico de pailería es el responsable de la fabricación de piezas críticas como refacciones que requiera la planta.

En esta parte el departamento de mantenimiento tiene la necesidad de reducir los tiempos de entrega de los formadores y yunques de los aplicadores que se encuentra ya en producción regular y tiene tiempos de entrega prolongados por ser importados, dando origen al proyecto de **“INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS ORIGINALES AL SISTEMA DE ARCOMEX”**. En la Figura 1.2 se encuentra el organigrama del departamento de mantenimiento de la planta Arcomex S.A de C.V

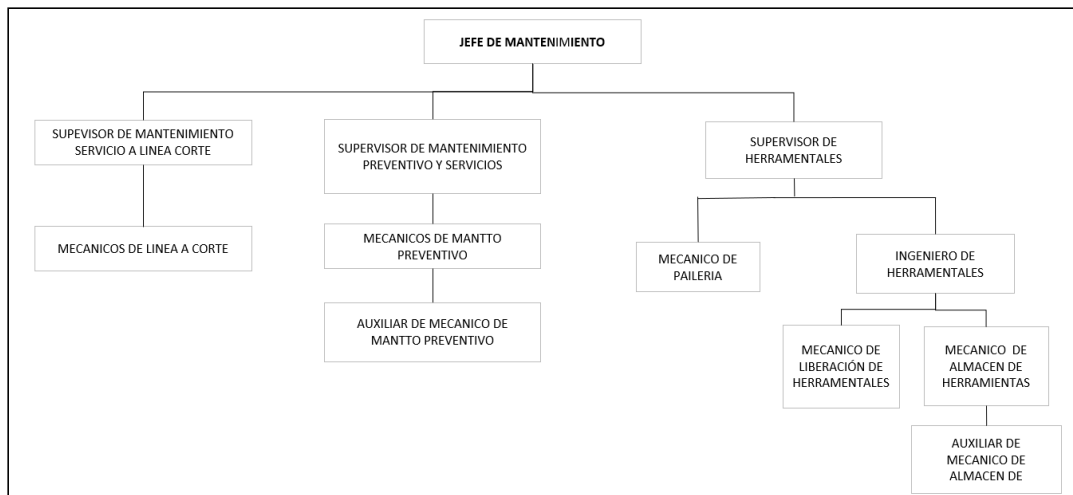


Figura 1.2 Organigrama del departamento de mantenimiento de Arcomex S.A de C.V

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ENGARZADO DE CABLE TERMINAL

Es la unión de un conductor trenzado con una terminal la cual debe de asegurar la conexión eléctrica de un punto a otro en la figura 2.1 se muestra diferentes tipos de engarzado de cable terminal que se realiza con un aplicador.

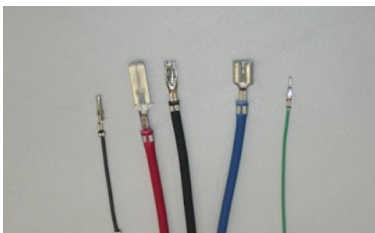


Figura. 2.1 Diferentes tipos de engarzados

2.2 APLICADOR

El Aplicador está fabricado de acero que puede alimentar la terminal de forma frontal o lateral, la alimentación puede ser mecánica, neumática o manual, el calibre que puede aplicar puede ser de una área de 0.35 mm^2 hasta 35 mm^2 dependiendo del tamaño del mismo y para el tipo de arnés que se va requerir para fabricar, las principales herramientas del aplicador para realizar el engarzado son los formadores y yunques, en la figura 2.2 se muestra un aplicador de uso común de alimentación mecánica lateral de izquierda a derecha de la marca Tyco que puede aplicar desde una área de 0.35 mm^2 hasta 2.5 mm^2



Figura. 2.2 Aplicador de la marca Tyco.

El aplicador ocupa herramientas que son el formador de cobre, formador de aislante y los yunques de cobre y aislante que se muestran en la figura 2.3 para un aplicador de la marca Tyco

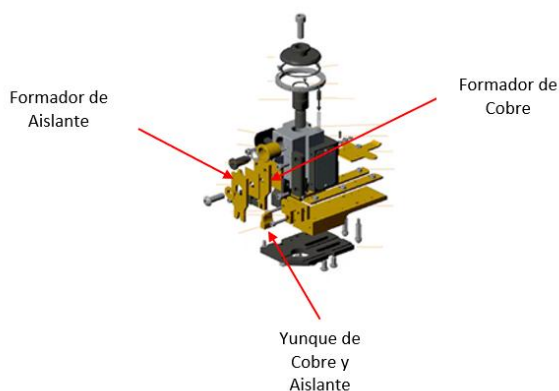


Figura. 2.3 Formadores y yunques para un aplicador de la marca Tyco

Los formadores y yunques son herramientas de impacto de desgaste para realizar el engarzado de cable-terminal y varia su tipo de consumo regular, anual y eventos.

2.3 LIBERACIÓN DE CORTE METALGRÁFICO DE ENGARZADO DE CABLE TERMINAL

Se realiza el corte metalográfico en el centro de engarzado del conductor, perpendicular al eje longitudinal, posteriormente se realiza un pulido para la evaluación de los criterios del cliente que más adelante se describirán, en la figura 2.4 muestra el punto de referencia que se debe de realizar y la figura 2.5 un ejemplo de un corte metalográficos (TE, 2025)

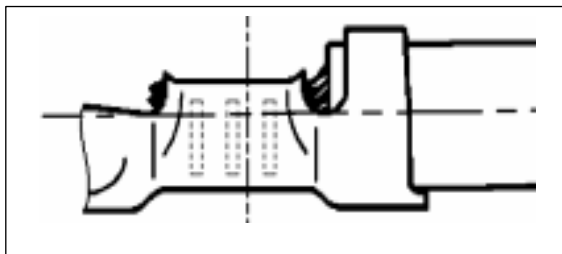


Figura. 2.4 Punto de referencia para el corte metalográfico

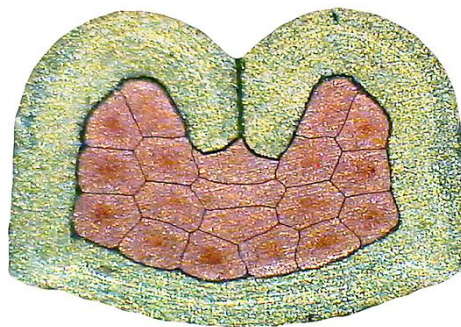


Figura. 2.5 corte metalográfico de un engarzado de cable-terminal

2.4 CRITERIOS DE APLICACIÓN DE ENGARZADO DE CONDUCTOR ÓPTIMAS

Todas las superficies de contacto de los filamentos con las abrazaderas de conductor deben estar fuertemente prensadas para lograr una unión hermética que, en condiciones ambientales normales, la unión no se afecte y aumente la resistencia al paso de la corriente eléctrica. En la figura 2.6 se describe los criterios de aplicación de engarzado en conductor en condiciones óptimas.

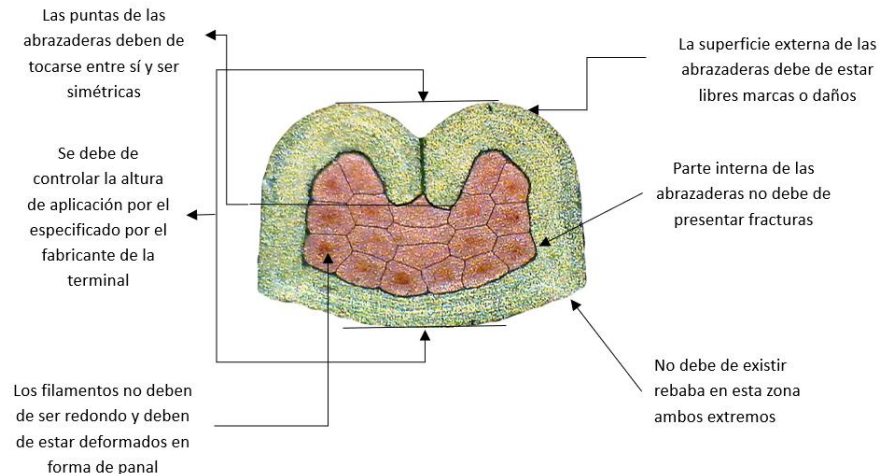


Figura. 2.6 Criterios de aceptación de un engarzado de cobre optimas

2.5 CRITERIOS DE APLICACIÓN EN CONDUCTOR DENTRO DE TOLERANCIAS

La aplicación de conductor del engarzado dentro de las tolerancias tiene como resultado una aplicación hermética, buenas características eléctricas y mecánicas y alargar la vida útil de las herramientas a continuación se describen los criterios de tolerancias para un conductor.

2.5.1 REBABA.

La rebaba es el resultado de la fuga de material de la terminal al momento de haber realizado el engarzado del conductor y puede ser ocasionada por el desgaste de la herramienta, por un exceso de presión, o por un mal diseño o mala fabricación de la herramienta. La presencia de esta es normal en el proceso conforme la herramienta se va desgastando y puede estar en ambos extremos o uno solo extremo.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA REBABA

- La rebaba debe de repartirse en ambos extremos
- La altura de la rebaba no debe de ser mayor que el espesor de la terminal
- El ancho de la rebaba no mayor a la mitad del espesor de la terminal.

Este criterio se visualiza realizando un corte metalográfico y se monitorea en línea cada 3000 ciclos y cada vez que se monta en línea el aplicador. La presencia de la rebaba fuera de especificaciones puede ocasionar la fractura de terminal en el engarzado, desprendimiento del conductor por un exceso de presión por degradar los hilos y dañar las herramientas. En la Figura 2.7 se muestra las tolerancias de la rebaba.

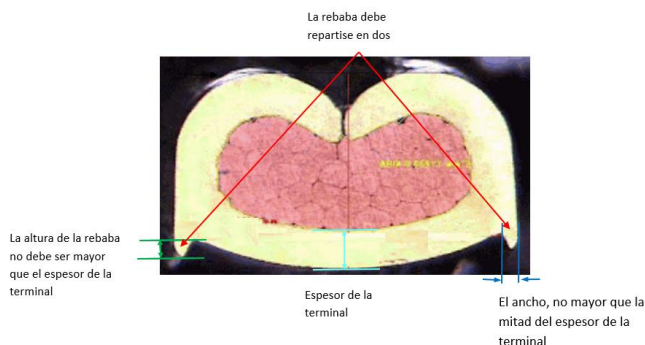


Figura. 2.7 Tolerancias de la Rebaba

2.5.2 ALINEACIÓN DE ABRAZADERAS DE CONDUCTOR

El criterio de tolerancia para alineación de las abrazaderas del conductor son las siguientes.

- La distancia entre abrazaderas debe de ser menor o igual a la mitad del espesor de la terminal
- La distancia de la abrazadera más prolongada hacia el espesor de la terminal debe de ser mayor o igual a la 10 % del espesor de la terminal.

Estas van a estar en función con la alineación de la herramienta al momento de realizar el engarzado, en la figura 2.8 se describe los criterios de tolerancia de la alineación de las abrazaderas de un engarzado de conductor.

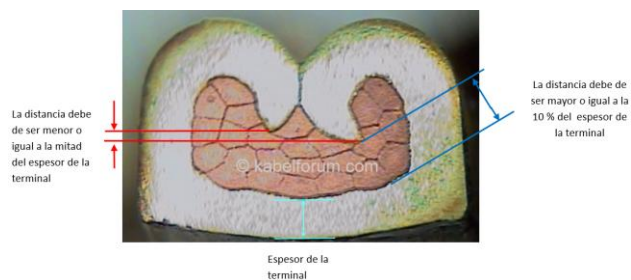


Figura. 2.8 Tolerancias de alineación de las abrazaderas

2.6 NO CONFORMIDADES DEL ENGARZADO DEL CONDUCTOR

En la figura 2.9 muestra las no conformancias un engarzado de conductor, altura de la rebaba es mayor al espesor de la terminal, fractura en el interior del lado derecho del engarzado, desalineación de las abrazaderas del conductor la distancia es mayor a la mitad del espesor de la terminal, que puede ser ocasionado por el trabajo desalineado de las herramientas y un desgaste excesivo de las mismas, originando la presencia del exceso de la rebaba y la fractura interna en la pared de la terminal del engarzado.

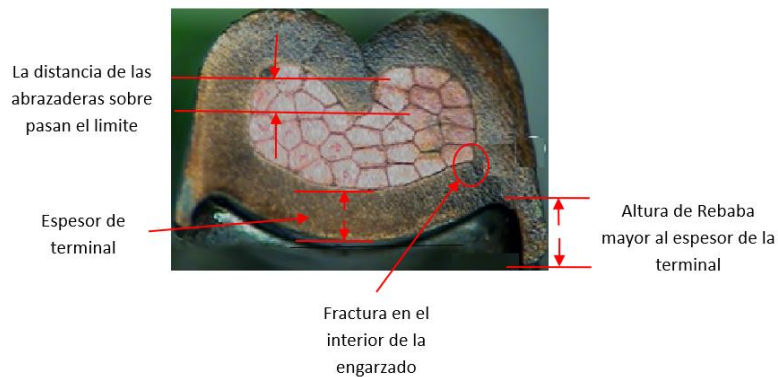


Figura. 2.9 Aplicación de engarzado de conductor no conforme

Aplicación con filamentos redondos y espacios entre ellos indican que se tiene una mala compactación que pueden ocasionar falso contacto o desprendimiento del conductor en el engarzado en la figura 2.10 representa un engarzado no conforme por tener filamentos redondos y espacios en el interior.



Figura. 2.10 Aplicación con filamentos redondos y con espacios

Abrazadera de conductor colisionan con la pared interna de la misma terminal que puede ser causa una mala combinación de terminal y calibre del conductor o valores de engarzado de alto y ancho malo asignados para dicha combinación en la figura 2.11 se observa que en ambos extremos las abrazaderas están haciendo contacto con la pared interna de la misma. (ALEMANIA Patente nº 2009-12, 2025)

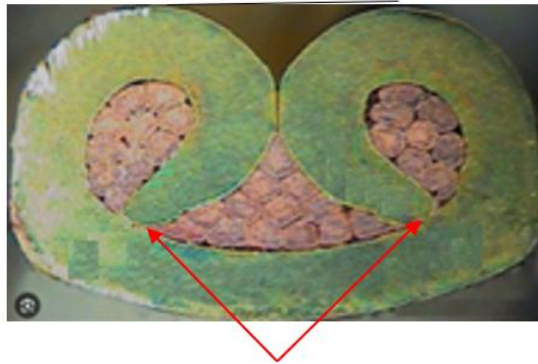


Figura. 2.11 Abrazadera de conductor colisionan con la pared interna de la terminal

Abrazadera de conductor abierta con filamentos visibles, por tanto, la abrazadera de conductor es insuficiente para sujetar el área del conductor como se muestra en la figura 2.12

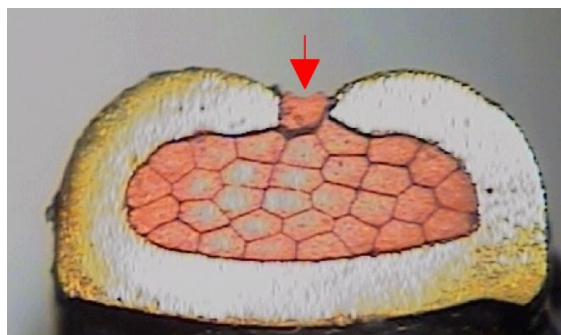


Figura. 2.12 Aplicación con abrazaderas abiertas

2.7 CRITERIOS DE ENGARZADO DE AISLANTE COMO ÓPTIMAS

La aplicación de la aislante correcta, es cuando un cable con la abrazadera de aislante de la terminal sujeta firmemente el aislante del cable sin penetrar hasta los filamentos de cobre y soportar el manejo del circuito en el ensamble del arnés, además de la vibración natural del automóvil.

En aplicación de aislante si sello existen dos tipos y estas pueden ser en aplicaciones sencillas o doble:

- Del tipo traslape u Overlap
- Del tipo corazón o F

2.7.1 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO TRASLAPE U OVERLAP

La parte de la periferia del forro debe hacer contacto 2/3 con la abrazadera del conductor, sin penetrar hasta los filamentos figuras 2.13 y 2.14

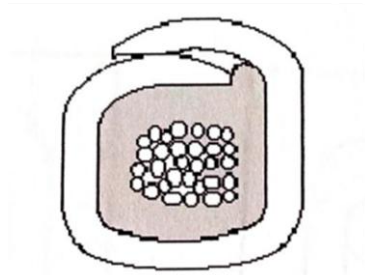


Figura. 2.13 Aplicación sencilla traslape

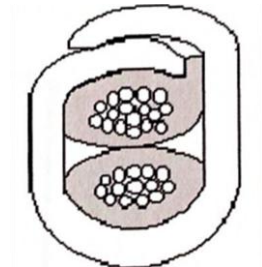


Figura. 2.14 Aplicación doble traslape

2.7.2 ENGARZADO ÓPTIMO DEL TIPO CORAZÓN O "F"

La parte de la periferia del forro debe hacer contacto 1/3 con la abrazadera del conductor, si penetrar hasta los filamentos figura 2.15 y 2.16

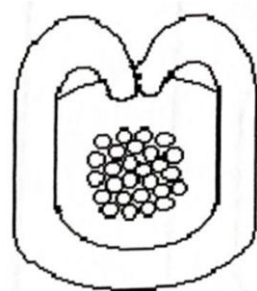


Figura 2.15 Aplicación sencilla corazón

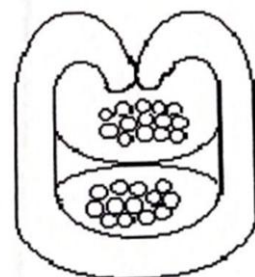


Figura 2.16 Aplicación doble corazón

2.8 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DEL AISLANTE

Las no conformidades son aquellas que no cumplen con las normas del cliente, poniendo en riesgo la funcionalidad para el engarzado de aislante provocando futuras reclamaciones en líneas de producción o en campo, a continuación, se describen.

2.8.1 NO CONFORMIDADES DEL TIPO CORAZÓN O "F"

Exceso de presión en las abrazaderas de aislante, las puntas de las abrazaderas tocan el conductor figura 2.17 y 2.18

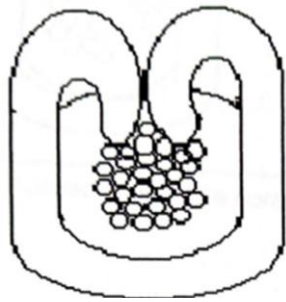


Figura 2.17 Aplicación sencilla corazón

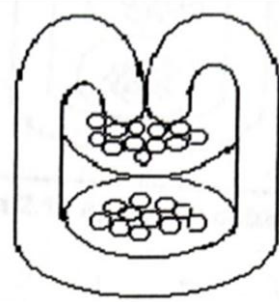


Figura 2.18 Aplicación doble corazón

Falta de presión en las abrazaderas de aislante, no sujetan firmemente el circuito figura 2.19 y 2.20

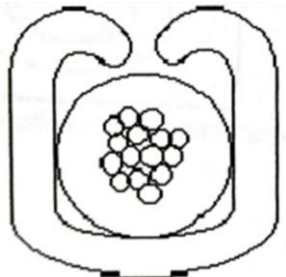


Figura 2.19 Aplicación sencilla corazón

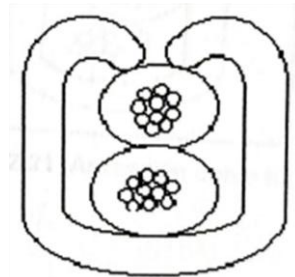


Figura 2.20 Aplicación doble corazón

2.8.2 NO CONFORMIDADES DEL TIPO DEL ENGARZADO TIPO TRASLAPE U OVERLAP

Exceso de presión en las abrazaderas de aislante, las puntas de las abrazaderas tocan el conductor figura 2.21 y 2.22

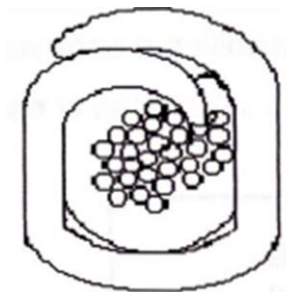


Figura 2.21 Aplicación sencilla traslape

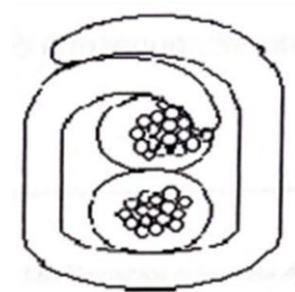


Figura 2.22 Aplicación doble de traslape

Falta de presión en las abrazaderas de aislante, no sujetan firmemente el circuito en las figuras 2.23 y 2.24 se muestra el engarzado de aislante con las abrazaderas abiertas.

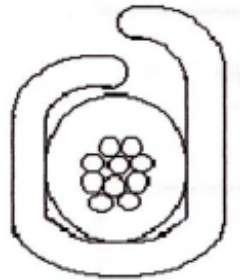


Figura 2.23 Aplicación sencilla traslape

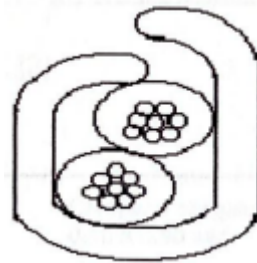


Figura 2.24 Aplicación doble traslape

2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS PARA ENGAZADO EN FORMA GENERAL

Los criterios de aceptación por atributos para una aplicación en forma general están representados en las figuras 2.25 y 2.26, el engarzado de las abrazaderas aislante que forman el barril debe estar cerrado sin dañarlo.

El ancho de cobre del engarzado debe ser controlado y este va a ser el resultado de las herramientas del formador y yunque, el engarzado de las abrazaderas forma un barril que debe estar cerrado y no tener presencia de filamentos fuera del mismo.

Los filamentos del conductor deben de ser visibles en ambos extremos esto para asegurar que no se tendrá presencia de aislante dentro de la zona de engarzado del conductor, ya que esto puede ocasionar el desprendimiento del conductor en el engarzado.

Una dimensión crítica en el proceso es la altura del engarzado y esta debe ser controlada, la especificación de la dimensión está definida por fabricante de la terminal y están documentadas en su plano, las tolerancias de esta van a estar en función de área del conductor que van desde más menos 0.03 mm hasta más menos 0.10 mm que pueden estar definidas en el plano o en la norma del cliente, la repetitividad de la dimensión en el proceso de producción va estar controlada por el estado físico de la prensa mecánica eléctrica y del aplicador.

La campana es obligatoria del lado que conecta la terminal con el conductor, tiene la función de disminuir la disgregación de los filamentos del conductor.

El cuerpo de la terminal debe de estar completo, el resalte de separación de la terminal en ambos extremos debe de estar siempre visible, esto indicara que la terminal no ha sufrido ningún corte en ambos extremos.

La terminal no debe de presentar ninguna deformación y daño en todo el cuerpo. (ALEMANIA Patente nº 2009-12, 2025)

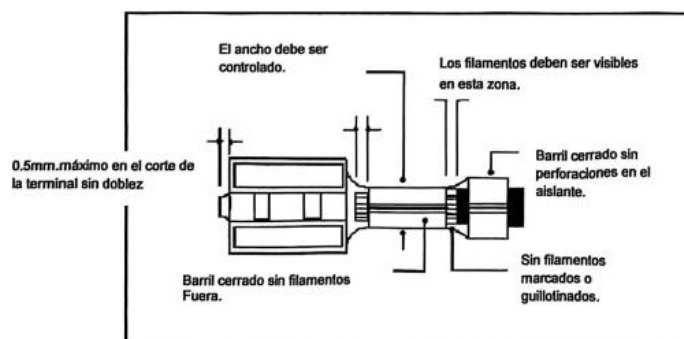


Figura 2.25 Criterios de aceptación de una aplicación en general vista superior

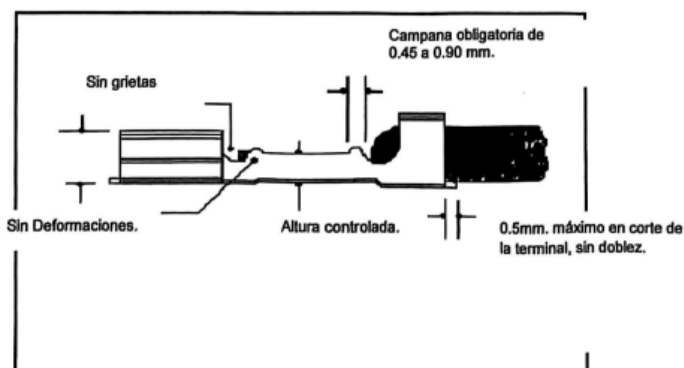


Figura 2.26 Criterios de aceptación de una aplicación en general vista lateral

2.10 ENGARZADO DENTRO DE TOLERANCIA

La tolerancia máxima permisible en desalineamiento del cuerpo de la terminal con respecto a la zona de aplicación, debe ser como máximo 3 grados, en la figura 2.27 muestra la tolerancia permisible de desalineamiento del cuerpo de la terminal.

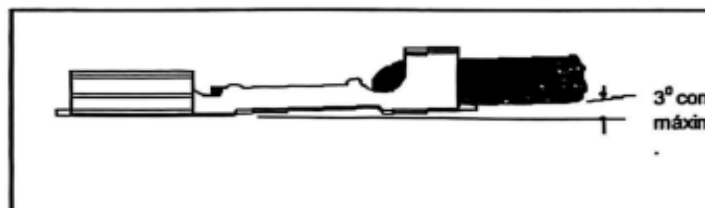


Figura 2.27 Tolerancia de desalineamiento de cuerpo de terminal

La tolerancia máxima permisible en torsión del cuerpo de la terminal con respecto a la zona de aplicación, debe ser máximo 5 grados, como se muestra en la figura 2.28

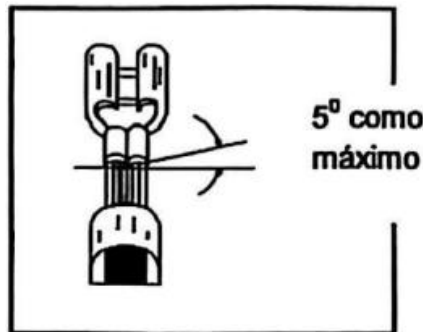


Figura 2.28 Tolerancias de torsión de cuerpo de terminal

2.11 NO CONFORMIDADES EN EL ENGARZADO DE CABLE-TERMINAL

Una aplicación con cuerpo de la terminal dañada es posible que no ensamble produciendo un falso contacto o no envíe señal eléctrica, otra no conformancia que se presenta es la de las abrazaderas de conductor desalineadas y sin campana esta última no permite la flexibilidad al movimiento de los hilos de conductor dando como resultado que se puedan romper en las figuras 2.29, 2.30 y 2.31 en, se presenta las no conformancias en el engarzado de cable- terminal. (ALEMANIA Patente nº 2009-12, 2025)

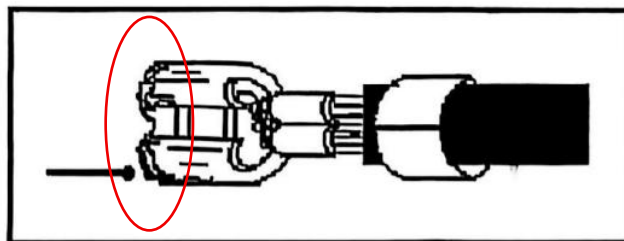


Figura. 2.29 Aplicación con el cuerpo de la terminal dañada tolerancias

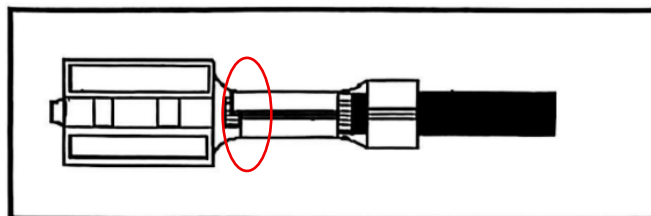


Figura. 2.30 Aplicación con abrazaderas de conductor desalineadas

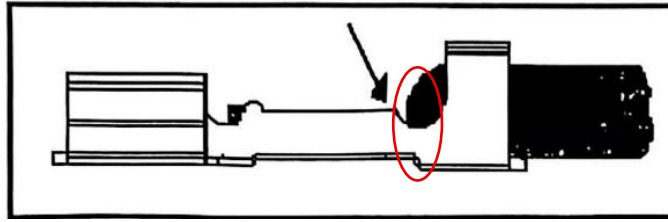


Figura. 2.31 Aplicación sin campana

CAPITULO III “PROCESO DE FABRICACIÓN FORMADORES Y YUNQUES EN EL SISTEMA DE ARCOMEX S.A de C.V”

3.1 LEVANTAMIENTO DE CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LAS HERRAMIENTAS

El levantamiento de las dimensiones y dureza de los formadores y yunques fue realizado en general de todos los aplicadores existentes y de nuevos proyectos. La prioridad del levantamiento se realizó por el tipo de consumo por el regular, anual y por evento. A continuación, se describe el tipo de consumo determinado por planta.

Consumo regular: Son herramientas de consumo mensual y menor a 3 meses

Consumo anual: Son herramientas de consumo mayor a 4 meses y menor a un año

Consumo por evento. Son aquellas refacciones de consumo mayor a un año

Se les dio prioridad a las refacciones de consumo regular debido a su alto consumo y así mejorar el inventario de las herramientas para la disponibilidad inmediata en la línea de producción. La clasificación de las dimensiones de las herramientas se realizó en base los siguientes clasificaciones y criterios.

Dimensión crítica: Son aquellas dimensiones que pueden afectar el funcionamiento del engarzado y que producen una falla en el arnés.

Dimensión no crítica: Son aquellas dimensiones que no afectan el funcionamiento del engarzado y afectan el correcto funcionamiento del aplicador.

A continuación, se describen las dimensiones críticas.

3.2 DIMENSIONES CRITICAS DEL FORMADOR DE COBRE

Son aquellas dimensiones que afectan el funcionamiento en el engarzado del conductor y que ponen el riesgo del correcto funcionamiento en el arnés, a continuación, se describen.

3.2.1 ESPESOR

La dimensión del espesor del formador está en función del ancho de las abrazaderas del conductor, el levantamiento de esta dimensión se realiza con un micrómetro de caras planas y está definida como crítica ya que puede dañar el cuerpo de la terminal. Normalmente su valor es mayor de 0.010

milésimas de pulgada respecto al ancho de las abrazaderas del conductor. En la figura 3.1 indica la dimensión de medir el espesor de un formador de cobre.



Figura 3.1 Espesor de formador de conductor

3.2.2 ALTURA DE TRABAJO

La dimensión de altura de trabajo es realizada con el comparador óptico, se inicia midiendo el radio de CW en forma de corazón hasta la parte superior del formador de cobre, la altura de trabajo debe proporcionar la altura correcta para el engarzado de la aplicación. Esta altura por lo general se maneja estándar de 1.919 milésimas de pulgada; sólo en casos especiales llega a cambiar. En la figura 3.2 se indica la forma correcta de medir la altura de trabajo para un formador.

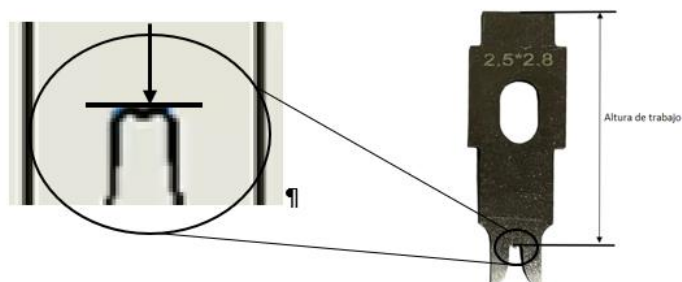


Figura. 3.2 Altura de trabajo de formador conducto

3.2.3 BOCA DE CAMPANA

Es el biselado que se realiza al formador en la parte inferior que se muestra en la figura 3.3 en forma de corazón y esta debe de ser el 10 por ciento de la longitud de las abrazaderas de conductor con un ángulo de 45 grados, esta medición se realiza con el comparador óptico

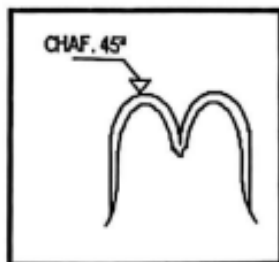


Figura. 3.3 Boca de campana

3.2.4 ANCHO (CW)

El ancho de cobre es la distancia entre los círculos de un extremo al otro, en la figura 3.4 muestra la forma de realizar la dimensión del CW y representada por la línea roja. La medición es realizada por un comparador óptico, En la figura 3.5 muestra la medición de un formador de cobre con el comparador óptico de la planta.

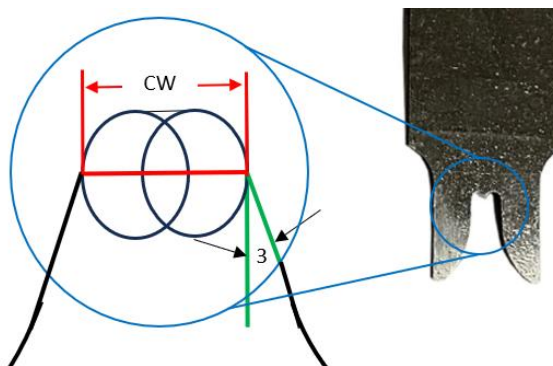


Figura 3.4 Dimensionamiento del CW y ángulos de entrada

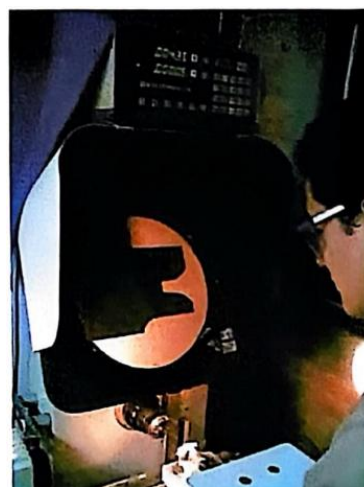


Figura 3.5 Levantamiento de dimensiones de un formador conductor tipo corazón

3.2.5 ANGULO DE ENTRADA

El Angulo de entrada es la medición en grados que se forma a partir donde termina el radio del ancho del CW marcado por la línea roja de la figura 3.4 y perpendicular a este mismo, tiene la función de centrar las abrazaderas de cobre y centrar los filamentos de conductor para realizar el engarzado de la aplicación cable terminal.

Esta medición se realiza con el comparador óptico, la dimensión está representada por las líneas color verde y el valor de este normalmente es de 3 a 4 grados. Toda esta área debe estar pulida a espejo, para evitar que la terminal se pegue en el proceso del engarzado. En la figura 3.4 se muestra el Angulo de entrada de un formador de cobre.

3.3 DIMENSIONES CRÍTICAS EN LOS FORMADORES DE AISLANTE

Así como existen dimensiones críticas en el formador de cobre también se tiene para el formador de aislante, como se muestra en seguida.

3.3.1 ESPESOR

El espesor del formador del aislante es una dimensión que depende del ancho de la abrazadera del aislante y del espacio existente entre ambas abrazaderas, ya que debe cubrirlas completamente. Para determinar esta dimensión, se utiliza un micrómetro de caras planas, como se muestra en la Figura 3.6, donde se indica la dimensión correspondiente al espesor del aislante



Figura. 3.6 Espesor de formador de aislante

3.3.2 ALTURA DE TRABAJO

Es la dimensión donde termina el radio superior de CW de aislante hasta la parte superior donde terminal el formador. Es la medición realizada con el comparador óptico, está en fusión de la altura de aplicación que requiera el aislante, en la figura 3.7 se muestra en color naranja la forma en que se debe de realizar.

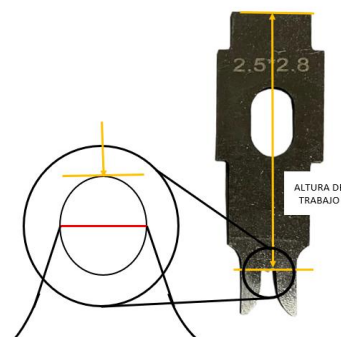


Figura. 3.7 altura de trabajo de formador de aislante

3.3.3 ANCHO O CW

El ancho del aislante corresponde al diámetro del círculo que se forma en el engarzado de las abrazaderas de aislante. En la figura 3.8, la línea roja señala el diámetro de este círculo, que representa el ancho del CW. El valor dependerá del calibre utilizado por la terminal; la medición de esta dimensión se realizó utilizando un comparador óptico.

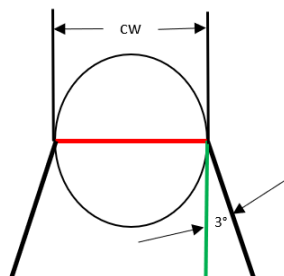


Figura. 3.8 CW de formador de aislante

3.3.4 ANGULO DE ENTRADA

Esta dimensión se determina utilizando un comparador óptico. Al igual que en el formador de conductores, el ángulo debe estar comprendido entre 3 y 4 grados. La medición se realiza a partir del punto donde termina el radio del diámetro (línea roja), tal como se indica en la figura 3.8 mediante la línea verde. La superficie en esta zona debe estar pulida tipo espejo, con el fin de evitar que el material se adhiera al formador durante la aplicación.

3.4 CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS FORMADORES DE AISLANTE

Se han dimensionado diferentes tipos de figuras en los formadores de aislante para las aplicaciones para el engarzado de aislante, las cuales se describen a continuación.

3.4.1 FORMA DE CORAZÓN

La figura de corazón normalmente es utilizada para aplicaciones con unión de dos calibres y con cables gruesos, en la figura 3.9 se muestra un formador de aislante de forma tipo corazón.



Figura. 3.9 Formador aislante de forma de corazón

3.3.3 ANCHO O CW

El ancho del aislante corresponde al diámetro del círculo que se forma en el engarzado de las abrazaderas de aislante. En la figura 3.8, la línea roja señala el diámetro de este círculo, que representa el ancho del CW. El valor dependerá del calibre utilizado por la terminal; la medición de esta dimensión se realizó utilizando un comparador óptico.

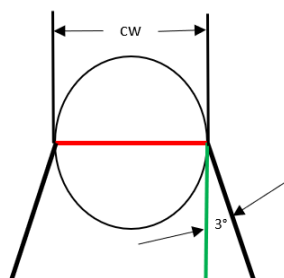


Figura. 3.8 CW de formador de aislante

3.3.4 ANGULO DE ENTRADA

Esta dimensión se determina utilizando un comparador óptico. Al igual que en el formador de conductores, el ángulo debe estar comprendido entre 3 y 4 grados. La medición se realiza a partir del punto donde termina el radio del diámetro (línea roja), tal como se indica en la figura 3.8 mediante la línea verde. La superficie en esta zona debe estar pulida tipo espejo, con el fin de evitar que el material se adhiera al formador durante la aplicación.

3.4 CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS FORMADORES DE AISLANTE

Se han dimensionado diferentes tipos de figuras en los formadores de aislante para las aplicaciones para el engarzado de aislante, las cuales se describen a continuación.

3.4.1 FORMA DE CORAZÓN

La figura de corazón normalmente es utilizada para aplicaciones con unión de dos calibres y con cables gruesos, en la figura 3.9 se muestra un formador de aislante de forma tipo corazón.



Figura. 3.9 Formador aislante de forma de corazón

3.4.2 TRASLAPE DE DOS RADIOS

Estos normalmente son utilizados para aplicaciones sencillas y de doble conductor, en la figura 3.10 se muestra un formador de aislante de traslape. El diseño de este tipo de traslapes es con dos radios diferentes uno al 25 % y el otro al 38 % respecto de su ancho (CW)



Figura. 3.10 Formador aislante de forma de traslape

3.4.3 REDONDO

El diseño se emplea principalmente en aplicaciones con empaque; sin embargo, en algunos casos también se utiliza en aplicaciones sin empaque, especialmente cuando las abrazaderas se encuentran desfasadas, como se muestra en la figura 3.11. El cálculo de este diseño se realiza dividiendo el ancho (CW) del formador entre dos.



Figura. 3.11 Formador aislante de forma redondo

3.5 DIMENSIONES CRÍTICAS EN LOS YUNQUES DE CONDUCTOR Y AISLANTE

Las dimensiones críticas de los yunques a considerar para su realización es la medición que repercuten en el engarzado de cable terminal, como se describen en seguida.

3.5.1 ESPESOR DE YUNQUE DE COBRE

El espesor de yunque es la distancia representada en la figura 3.12, la dimensión se realizó con el micrómetro de caras planas, regularmente es mayor que el formador de conductor, al menos unas 15 milésimas de pulgada, para evitar que el formador de aislante se dañe al realizar el engarzado.

3.5.2 ESPESOR DE YUNQUE DE AISLANTE

El espesor debe ser menor al espesor del formador de aislante para evitar que el formador de conductor se llegue a dañar, al realizar la aplicación. En la figura 3.12 se muestra la dimensión del espesor de un yunque de aislante, la dimensión se realizó con el micrómetro de caras planas.

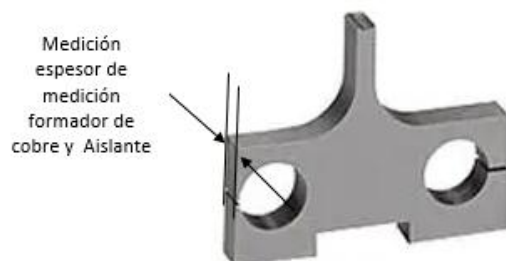


Figura. 3.12 Dimensión de espesor de yunque de cobre y aislante

3.5.3 ALTURAS DE TRABAJO

Es la altura del centro del CW del radio yunque hasta la parte final del yunque, esta se realiza con el equipo de comparador óptico, la altura del conductor es estándar y para el aislante depende de la diferencia de alturas que exista entre ambas abrazaderas del conducto y del aislante. En la figura 3.13 se muestra la dimensión de un yunque que puede ser de cobre o aislante.

3.5.4 RADIO

El radio es la zona que proporciona soporte a la terminal al momento de realizar el engarzado, evitando rotaciones indeseadas. Para el caso de yunque de aislante estos radios corresponden al 80 % del ancho del yunque (CW); sin embargo, en casos donde las abrazaderas de la terminal presentan radios reducidos, puede ser necesario disminuirlos hasta un 60 % del CW para asegurar un ajuste adecuado y funcionalidad mecánica óptima, la medición de esta dimensión se realizó mediante un comparador óptico. En la figura 3.13 muestra la dimensión del radio que bien puede ser para un yunque de cobre o aislante

3.5.6 ANCHOS (CW):

El ancho de CW es el diámetro de la circunferencia representado con la abreviación CW y tiene la función de evitar la fuga de material durante el engarzado de cable terminal que se le conoce como “rebaba”. La dimensión para los yunques de cobre y aislante se realiza de la misma manera y es verificada utilizando un comparador óptico su valor debe ser como mínimo igual al ancho (CW) de los formadores, sin embargo, se recomienda añadir dos milésimas de pulgada adicionales respecto al CW del formador con el objetivo evitar la fuga de material durante el engarzado, los anchos (CW)

incluyen unos planos en los extremos que contribuyen a prolongar la vida útil del yunque por desgaste por contacto. En la figura 3.13 se muestran estos detalles de estas dimensiones.

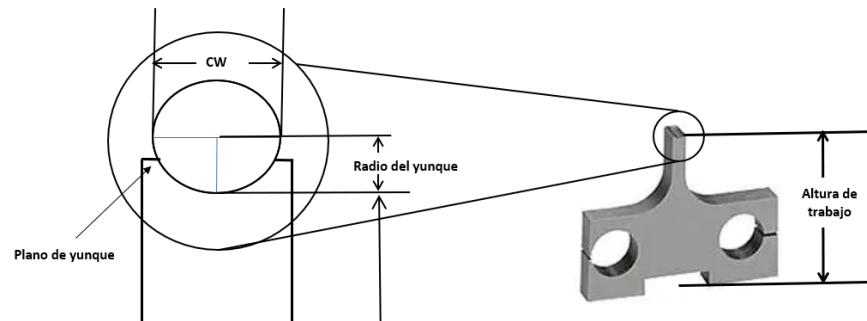


Figura. 3.13 Dimensión de radio, CW y altura de trabajo para un yunque de cobre y Aislante

3.6 DUREZA DEL ACERO.

La dureza es una propiedad mecánica que describe la resistencia que ofrece un material metálico frente a la deformación plástica localizada, como la indentación, rayado o abrasión. En los metales, se refiere específicamente a la capacidad de resistir que otro cuerpo más duro penetre su superficie bajo carga. (Tabor.D, 2000)

La medición de la dureza se realiza con el durómetro en la escala Rockwell para la variante C para cada formador y yunque en la figura 3.14 se muestra el equipo de medición en operación.



Figura 3.14 Prueba de dureza de Rockwell C para las herramientas

El proceso de medición de dureza de las herramientas (formadores y yunques) se hace con el objetivo de conocer su deformación, la relación entre precarga más la carga y la descarga indica la dureza del material, Un penetrador cónico de diamante con un ángulo de 120 ° más menos 30' y vértice redondeado formando un casquete esférico de radio 0.20 mm (Brake).

La medición consiste en disponer a las herramientas (formadores y yunque) en una superficie plana en la base de la máquina, se le aplica una precarga menor e 10 kg, básicamente para eliminar la deformación elástica y obtener un resultado mucho más preciso. Luego se le aplica durante unos 15 segundos un esfuerzo que varía desde 60 a 150 kg a compresión, se desaplica la carga y mediante un durómetro Rockwell para la variante C se obtiene el valor de la dureza directamente en la pantalla, el cual varía de forma proporcional con el tipo de material que se utilice.

Para evitar errores, el espesor de la probeta del material en cuestión debe ser al menos diez veces la profundidad de la huella., se presentan los valores por debajo de 20 y por encima de 100 normalmente son muy imprecisos y debería hacerse un cambio de escala. (Tabor.D, 2000)

3.7 DOCUMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Una vez recopiladas todas las características dimensionales críticas con los valores de dureza de las herramientas, estos datos son registrados en tablas de Excel. La clasificación del inventario documental se organiza según la marca del aplicador y el tipo de herramienta (formador de cobre, formador de aislante, yunque de cobre y yunque de aislante). Además, se incluye la revisión correspondiente de cada documento con el objetivo de mantener un control adecuado de la información y facilitar futuras actualizaciones.

Las tablas presentan la siguiente información: ítem, número de parte, revisión del número de parte, fecha de revisión, dimensiones de espesor, altura de trabajo, radio, CW, código de terminal y combinaciones de cable-calibre. En la figura 3.15 se muestran las variables correspondientes (representadas por las letras A, B, C y D), las cuales varían según el tipo de herramienta utilizada.

ÍTE M	NÚMERO DE PARTE	REV. DEL No. DE PARTE	FECHA DE REVISIÓN	DIMENSIONES EN PLG.				CODIGO DE TERMINAL (ES) QUE APLICA	COMBINACIONES CABLE / CALIBRE
				A ESP.	B ALT.TR.	C RAD.	D CW		
1	495 274 4	A	12/07/1 0	.126	.865	.060	.1265	N 103 357 05	70422/N03769
2	495 333 4	A	12/07/1 0	.100	.894	.060	.0913	N 103 358 01	96317/N03722/96320/N0372 0

Figura 3.15 Yunques de aislante para un aplicador GHW

3.8. ELABORACIÓN DE DIBUJOS EN AUTOCAD

Se realiza la elaboración de dibujos en AutoCAD con el objetivo de tener información clara y precisa, el cual proporciona las dimensiones estandarizadas y variables, estas mismas representas con letras para los diferentes grupos de código terminal que aplica, el dibujo muestra la dureza de la herramienta, el orden del grado y así como las dimensiones críticas que debe ser controladas en el proceso de las tolerancias.

3.9 FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES

En la fabricación de herramientas se utilizan máquinas y equipos que requieren el uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP) para garantizar la seguridad del personal. Para la empresa Arcomex, la seguridad es una responsabilidad compartida entre la organización y sus colaboradores, promoviendo una cultura de prevención en cada etapa del proceso productivo. Por lo que es obligatorio el EPP en el proceso de fabricación de las herramientas.

3.9.1 EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD PARA FABRICACIÓN DE YUNQUES Y FORMADORES

- Equipo de seguridad
- Camisola
- Guantes de carnauba
- Gafas

3.9.2 CORTE DE BLANCOS

Para este proceso se utiliza equipo de protección de seguridad, la sierra cinta vertical de mesa, utiliza una cinta sinfín dispuesta sobre dos volantes, los cuales están superpuestos en un plano vertical, la máquina realiza los cortes rectilíneos a los lingotes de acero en forma perpendicular, los lingotes de acero se mueve hacia la cinta, de forma mecánica, y se cortan en fracciones de distintos espesores que llamaremos blancos, y la cantidad va a depender de las necesidades que se tengan con puntos de reorden de la planta. figura 3.16 se muestra la imagen del corte de un lingote de acero en la sierra cinta.



Figura 3.16 Corte de blancos en sierra cinta

3.9.3 FRESADO FRONTAL

Fresado frontal permite mecanizar superficies planas, su principal movimiento es de rotación realizada por la fresa, lo movimientos de avance y penetración son rectilíneos, la succión de la fresa en la maquina suele realizarse mediante un eje porta-fresas, el mismo posee un extremo cónico que se acopla al huesillo de la fresadora uniéndose a la fresa. (Kanife, 2016)

El motor de accionamiento suministra la potencia requerida para el mecanizado, accionando parte de la cadena cinemática de transmisión (correas) que permite la transmisión de potencia al cabezal de la fresadora, donde se genera el movimiento principal de rotación, esta rotación se realiza alrededor del eje principal o huesillo de la máquina, designado como eje Z, el eje X es horizontal y paralelo a la superficie de apoyo de los blancos, según patrón y el eje Y es perpendicular a los otros dos formando un triedo a derechas.

3.9.3.1 PROCESO DE FRESADO DEL BLANCO

Paso uno limpieza del área de trabajo: se inicia limpiando con una brocha de dos pulgadas alrededor junto con las mordazas, asegurando los blancos en la mesa.

Paso dos montar blancos: al montar los blancos se verifica que este perfectamente fijados, para evitar algún daño hacia el operador debido al movimiento.

Paso tres posicionamientos de la fresa: la fresa se coloca en el punto más alto del blanco, considerando que es el mayor espesor, posteriormente se comienza a desbastar graduadamente hacia abajo, hasta tener una superficie plana aproxima al espesor que se requiere de los formadores y yunques, como se muestra en la figura 3.17 fresado frontal y en la figura 3.18 se puede ver un blanco de un formador con acabado de superficie plana.



Figura 3.17 fresado frontal



Figura. 3.18 Corte de blanco para un formador

Paso cuatro barrenado de formadores y yunques: teniendo el blanco de acero sin dureza y superficie plana esto permite tener las condiciones necesarias para realizar los barrenos. Se inicia apilando y fijando en prensa, posteriormente el operador coloca la broca requerida para realizar el barreno con la fresadora.

En la fig. 3.19 se muestra un blanco para un formador que bien se puede usar para un formador de aislante o de cobre ya con barrenos.



Figura. 3.19 Blanco para un formador con barrenos

3.9.4 PROCESO DE TEMPLADO

El temple es un tratamiento térmico que tiene como objetivo aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, el calentamiento transforma la masa en austenita posteriormente con un enfriamiento inmediato en aceite a una velocidad alta se convierte en martensita (Rosario, 2019)

Los blancos de acero se calientan en un tiempo de una hora en horno eléctrico; a una temperatura mayor a 930 grados centígrados, para que la perlita se disuelva en austenita. En la figura 3.20 se muestra el horno eléctrico utilizado en planta para utilizado para los tratamientos térmicos.



Figura 3.20 Horno eléctrico

3.9.4.1 ENFRIAMIENTO DEL TEMPLE DE LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES)

El enfriamiento del temple es la etapa de enfriamiento rápido de un metal caliente (principalmente acero) en un medio de temple (como agua, aceite o gas) para modificar su microestructura y aumentar su dureza y resistencia (Ana, 2012)

El factor que caracteriza a la fase de enfriamiento es la velocidad del mismo que debe ser siempre superior a la crítica para obtener martensita. La velocidad crítica de los aceros al carbono es muy elevada. Los elementos de aleación disminuyen en general la velocidad crítica de temple (Rosario, 2019)

. El enfriamiento de los blancos es en aceite, ya que tiene una volatilidad no muy elevada, temperatura de ignición y una viscosidad a temperatura ambiente entre 14.4 y 15.7 poise.

Los defectos más comunes de las herramientas (formadores y yunques) ocasionados en el temple son:

- Oxidación y descarbonaciones: se deben al calentamiento en atmosferas inadecuadas
- Exceso de fragilidad: por calentamiento a temperaturas excesivas que provocan el crecimiento del grano
- Falta de dureza: por calentamiento a temperatura demasiado baja, por descarbonación superficial o por velocidades de enfriamiento superiores a la crítica.
- Deformaciones: por calentamiento o enfriamiento desigual de las piezas o apoyos inadecuados en el proceso.
- Grietas y roturas: por desigual enfriamiento del núcleo y la periferia de la pieza. (Kindle, 2002)

3.9.4.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO

El revenido es un tratamiento térmico que sigue después del templado de las herramientas (formadores y yunques), tiene como fin reducir las tensiones internas de las piezas originadas por el temple o por deformación en frío, mejora las características mecánicas de las herramientas (formadores y yunques) reduciendo la fragilidad, disminuyendo ligeramente la dureza. (Santiago, 2003)

3.9.4.3 FASES DEL REVENIDO PARA LAS HERRAMIENTAS (FORMADORES Y YUNQUES)

El revenido se hace en tres fases:

1.- calentamiento a una temperatura inferior a la del templado

2. Mantenimiento de la temperatura

3.-Enfriamiento a la velocidad variable

3.9.4.4 CALENTAMIENTO

El calentamiento se realiza en un horno eléctrico, la temperatura de revenido es de 200 grados centígrados, mantenerlo a esa temperatura durante un tiempo determinado, Durante el calentamiento, se reduce la dureza y aumenta su tenacidad. (Aceroa, s.f.)

3.9.4.5 MANTENIMIENTO DE LA TEMPERATURA.

La duración del revenido a baja temperatura es de dos horas y este tiempo es mayor a las temperaturas del temple, para dar tiempo a que sea homogénea su estructura del blanco

La Velocidad de enfriamiento en el revenido de esta parte del proceso es lento para reducir el máximo tensiones térmicas que pueden generar deformaciones.

Es importante que el proceso de revenido no elimina los efectos del temple solo modifica y se consigue disminuir las durezas y las tensiones internas para mejorar la tenacidad de los blancos.

A medida que el acero se enfría lentamente, se produce una redistribución de las fases en la estructura cristalina, lo que resulta en una mejora en la resistencia y la ductilidad del material (Aceroa, s.f.)

Las temperaturas de los tratamientos térmicos mencionados se aplicaron en base a las experiencias a los anteriores proyectos para cumplir con las especificaciones de calidad del cliente.

3.10 PERFILADO

Perfilado consiste en dar el acabado al formador y yunque de acuerdo a las dimensiones críticas y no críticas establecidas por el plano.

Se realiza con la rectificadora en conjunto del optidress este último es esencial para realizar las dimensiones requeridas en las piedras abrasivas, para la fabricación de los formadores y yunques teniendo como resultado la fabricación de figuras según formas de dibujos que pueden ser: corazón, traslape, redondo, como se muestra en la figura 3.21se muestra el equipo utilizado en planta



Figura 3.21 Rectificado de piedra abrasiva con Optidress

La rectificadora es una máquina de precisión que trabaja a milésimas de pulgada disminuyendo la mayor discrepancia de las herramientas originales a las fabricadas en planta, en la fig. 3.22 se muestra un formador de cobre con radios, altura de trabajo, ángulo de entrada, espesor contra plano cumpliendo los requisitos de calidad del cliente.



Figura. 3.22 Formador aislante tipo corazón con radios y acabados

3.11 PULIDO DE HERRAMIENTAS

En el proceso de pulido tiene el objetivo de ejecutar una superficie libre de rayadura con un acabado espejo. Por medio de un fieltro y pasta para pulir

Paso 1: Se inicia cortando el fieltro en forma de disco y se monta en la base del esmeril

Paso 2: Accionando el esmeril se coloca pasta sobre el fieltro

Paso 3: se comienza a pulir los formadores en los formadores para dar el acabado espejo

El acabado espejo evita que se peguen las terminales a los formadores, evitando el daño al cuerpo de la terminal en el proceso de producción, cabe señalar que este proceso no aplica para los yunques.

El proceso de pulido en los formadores se lleva el área de formado como se muestra en la figura 3.23.

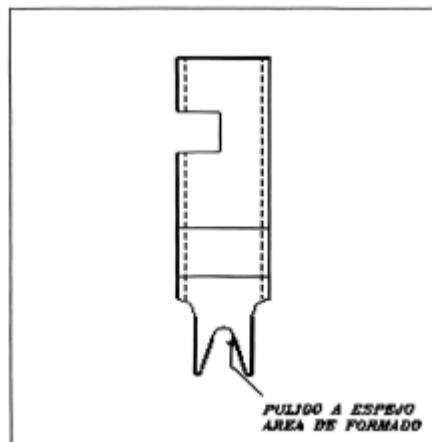


Figura. 3.23 Área de pulido para los formadores

3.12 EVALUACIÓN DE LAS DE MENCIONES DE LAS HERRAMIENTAS EN COMPARADOR ÓPTICO

El comparador óptico es el equipo de medición para la inspección y medición el cual nos dará una imagen ampliada en la pantalla y que por medio de escalas para comparar las dimensiones y determinar si estas están dentro de la tolerancia

Se identificaron dimensiones críticas en las herramientas para ser controladas en el proceso de fabricación siendo estas examinadas por un reporte de evaluación dimensional para las herramientas. Se clasificó la herramienta por tipo de aplicador, los cuales se subdivide en yunque, formadores de conductor y aislante para tener acceso fácil para su fabricación.

CAPITULO IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 RESULTADOS

- Se logró la implementación del proceso de fabricación de formadores y yunques identificando sus dimensiones críticas para cumplir con los requisitos especificados por el cliente para los distintos aplicadores que se tiene en planta, como se mostró en las imágenes anteriores durante el proceso.
- Se generó información contralada, documentada con revisión y fechas para su continua actualización y control; como se muestra en la imagen figura 4.1

ITEM	NÚMERO DE PARTE	REV. DEL NÚM. DE PARTE	FECHA DE REVISIÓN	DIMENSIONES EN PLG.						COD. TERM. QUE APLIC.	COMBINACIONES CABLE / CALIBRE
				A	B	C	D	E	F		
				ESP.	ALTURA	DIAM.	RAD.	CV	ANCH.		
1	845 616 1	A	09/07/10	.1300	2.366	0.007	.0190	.0704	0.394	N 103 358 01	96317/N03722/96320/N03720
										N 105 112 01	96320/96317/96318
2	846 072 1	A	09/07/10	.1180	2.366	0.006	.0190	.0702	0.590	N 103 189 03	96320/96317/N06700
										N 105 114 01	96320/96318/96317
3	846 070 1	A	09/07/10	.0980	2.366	0.005	.0170	.0588	0.590	N 103 188 04	70422
4	846 385 1	A	09/07/10	.114	2.366	0.006	.0140	.0512	0.473	N 105 111 01	70422
5	846 070 1	A	09/07/10	.098	2.366	0.005	.0170	.0592	0.590	105 113 01	70422
7	846 101 1	A	09/07/10	.098	2.366	0.005	.0180	.0664	0.590	N 907 325 01	70422
8	845 613 1	A	09/07/10	.118	2.366	0.006	.0170	.0586	0.590	N 103 357 05	70422/N03769

NOTAS: 1- Esta tabla dimensional será acompañada con su respectivo dibujo de acuerdo al número de forma física de la pieza.

080 1 / A
CODIGO DE PLANO NIVEL DE LA PZA.

Figura 4.1 tabla de un formador conductor para un aplicador Tyco

- Las herramientas al fabricarse en planta se redujeron el tiempo de entrega de 8 semanas a 3 semanas contra las prioridades de puntos de reorden como se muestra en la figura 4.2 marcado en el círculo rojo el tiempo de entrega es de 8 semanas, en comparación a una orden de trabajo fabricado en planta como se muestra en la figura 4.3 el tiempo de entrega es de 3 semanas.

connectivity				Reference for order : 5006929297		
QUOTE				Price (USD)	Price (Unit)	Total (USD)
Item No.	Qty	UOM	Material / Item Details			
15	1	PC	7-2151062-7 OCEAN_2.0_SPARE_PART_KIT-100F140OV NCNR	497.55	1 PC	497.55
Pricing						
MOQ : 1 PC Delivery Unit : 1 PC						
Lead Time						
Standard Ship Lead Time : 8 Weeks Ship date customer, no transit time						
Material Information						
Product Line : ASSEMBLED APPLICATORS Packaging Type: PKG Shipping Location: S de RL de CV Av. de Las Fuentes 31, Modulo B-3, El Marquez QRO MX Plant:1192						
Compliance						
Country of Origin : USA Country of origin is subject to change up until the time of shipment ROHs Descr : NOT IN SCOPE FOR EU ROHS COMPLIANCE HTS Code: 8207909900						
Special Requirements / Quality Clauses						
Certification Document : Yes						

Figura 4.2 Cotización de herramientas originales con tiempo de entrega de 8 semanas

Orden de trabajo de solicitud de fabricación de herramientas

Fecha de solicitud: 20-oct

Nombre de solicitud: Julian Jimenez Hernandez

Mecanico de palleria: Esteba Grande Vazquez

Item	No de parte a fabricar	Tipo de formador	Proveedor de aplicador	Cantidad a fabricar	Fecha planeada de entrega	Fecha entrega real	comentarios
1	2-1633128-3	Yunque doble	Tyco	27	05-nov	05-nov	
2	2-1803395-0	Yunque doble	Tyco	8	05-nov	04-nov	
3	2844753-2	Formado de cobre	Tyco	7	05-nov	04-nov	
4	4-1633738-1	Formado de cobre	Tyco	2	05-nov	04-nov	
5	991273134	Yunque de cobre	Mecal	6	05-nov	30-oct	
6	998 126-33-E01	Formado de cobre	Hanke	8	05-nov	30-oct	
7	998 217-38	Formado de cobre	Hanke	6	05-nov	30-oct	
8	998 218-30-E01	Formado de cobre	Hanke	2	05-nov	03-nov	
9	GLS-A003-01	Formado de cobre	Bittech	6	05-nov	03-nov	
10	1333231-5	Formado de cobre	Tyco	5	05-nov	05-nov	
11	50001495333	Yunque de cobre	Mecal	4	05-nov	30-oct	
12	994 223-348-E01	Formado de cobre	Hanke	5	05-nov	05-nov	
13							
14							
15							
16							
17							
18							

Elaboró: Abel Vazquez Sánchez
Supervisor de Herramientales

Aprobó: Jose de Jesus Cortes Moro
Jefe de Manito

F-JM-150

Rev. 1

Figura 4.3 Orden de trabajo de planta con tiempo de entrega de 3 semanas

- Se redujo un 7 % la compra de refacciones, mejorando el stock de para la línea de producción, en la Figura 4.4 se muestra al porcentaje de las refacciones de consumo regular.

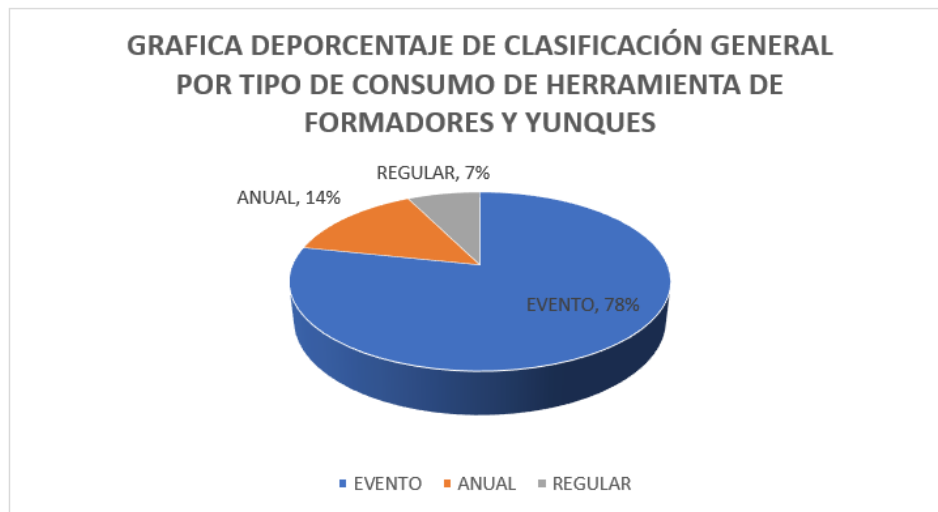


Figura 4.4 Grafica de tipo de consumo de herramientas

4.2. CONCLUSIONES

La maquinaria y equipo de medición que se tiene en planta, con las que se fabrican las herramientas, cumplen los estándares de calidad de cliente y características de trabajo necesarias para la producción. Identificando y cumpliendo las dimensiones críticas y no críticas y sus tolerancias, son claves para cumplir con las especificaciones de calidad del cliente y el correcto funcionamiento de las herramientas en el proceso de producción. Es importante el equipo de seguridad en cada proceso para evitar cualquier accidente.

Aunque no se tiene la capacidad para la fabricación en planta de todas las herramientas por falta de personal capacitado, maquinaria y equipo de medición, se cumple con lo requerido contra puntos de reorden dando prioridad a las refacciones de consumo regular.

BIBLIOGRAFÍA

Aceroa. (s.f.). *Aceroa*. Obtenido de Aceroa: <https://www.aceroa.com/revenido-de-acero-que-es-y-tipos/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20hace%20el%20revenido,temperatura%20du%20rante%20un%20tiempo%20determinado>.

Ana. (08 de Enero de 2012). *Temple y revenido*. Obtenido de X-temple: El enfriamiento del temple es la etapa de enfriamiento rápido de un metal caliente (principalmente acero) en un medio de temple (como agua, aceite o gas) para modificar su microestructura y aumentar su dureza y resistencia

GROUP, V. (2025). *ALEMANIA Patente nº 2009-12*.

Kanife, P. (. (2016). *Face milling operation*. Obtenido de Computer Aided Virtual Manufacturing Using Creo Parametric: https://doi.org/10.1007/978-3-319-23359-8_3

Kindle. (2002). *Kindle*. Obtenido de Kindle: <https://es.kindle-tech.com/faqs/what-is-controlled-atmosphere-in-heat-treatment#:~:text=Prevenci%C3%B3n%20de%20oxidaci%C3%B3n%20y%20descarburaci%C3%B3n,preservando%20su%20dureza%20y%20resistencia>.

Rosario, U. N. (23 de Agosto de 2019). *Universidad Nacional de Rosario*. Obtenido de tratamientos termicos de los aceros: <https://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/presentaciones/10.%20Tratamientos%20T%C3%A9rmicos.pdf>

Santiago, U. d. (23 de Septiembre de 2003). *Departamento de Ingeniería Metalúrgica*. Obtenido de Tratamientos térmicos: <https://www.metalurgia.usach.cl/sites/metalurgia/files/documentos/capitulo25.pdf>

Tabor.D. (2000). *The Hardness of Metals*. Oxford, Reino Unido: Oxford, University Press.

TE. (10 de Septiembre de 2025). *application-tooling*. Obtenido de TE Conctivity: <https://www.te.com/es/products/application-tooling/applicators.html?tab=pgp-story>