



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**“REVISIÓN DE CAPACIDADES DE PROCESO EN LAS LÍNEAS
HOMB, QO3P, HOMM Y QO2P E IMPLEMENTACIÓN DE
MEJORAS”**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

PRESENTA:

CANDIDO MORALES TORRES

ASESOR:

DR. RAFAEL ORDOÑEZ FLORES

APIZACO, TLAX., JUNIO 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica
Apizaco, Tlaxcala, 18/junio/2025

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. OFICIO IEE/349/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

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

Por este medio me permito informar a usted que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	CANDIDO MORALES TORRES
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. de Control:	20371237
Nombre del proyecto:	"REVISIÓN DE CAPACIDADES DE PROCESO EN LAS LÍNEAS HOMB, QO3P, HOMM Y QO2P E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados, le envié un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar.

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

Rafael Ordoñez Flores
Nombre del Asesor

c.c.p. Expediente



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. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx |
apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **17/junio/2025**

CANDIDO MORALES TORRES
EGRESADO(A) DE LA CARRERA INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES.
CON NÚMERO DE CONTROL 20371237.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL y cuyo tema es: "REVISIÓN DE CAPACIDADES DE PROCESO EN LAS LÍNEAS HOMB, Q03P, HOMM Y Q02P E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS", 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®

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
IJSS/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

Muestro mi agradecimiento a mis asesores: La Ing. Itchel Meneses Teniza y el Dr. Rafael Ordoñez Flores que fueron mi guía para la realización del proyecto, en especial a la Ing. Itchel Meneses Teniza por darme esta oportunidad de desarrollarme de manera profesional en la empresa, estaré siempre agradecido.

En primer lugar, quiero agradecer plenamente a Dios, por darme esta grandiosa oportunidad de llegar a esta etapa de vida estudiantil. Pero el más grande agradecimiento es para mis padres, esposa e hijo:

A mi Padre Candido Morales Sánchez, mi Madre Irene Torres Salazar, mi Esposa Jessica Sánchez Águila y mi Hijo Ángel Josué Morales Sánchez, por el gran apoyo que me proporcionan al levantarme el ánimo y por brindarme lo necesario para lograr esta meta, que siempre estarán a mi lado para brindarme su atención, afecto y por creer siempre en mí, que toda la vida estaré eternamente agradecido y orgulloso por estar a mi lado.

Agradezco a mis hermanas:

A mi hermana Ing. Felicitas Morales Torres, Ing. Mayra Morales Torres y a Dalia Morales Torres ya que siempre me apoyan para seguir adelante, siempre serán la base principal que me da fortaleza para seguir adelante ante toda adversidad que se presente.

Gracias.

Índice general

Agradecimientos	3
Índice general	4
Índice de ilustraciones y tablas.	5
I. Generalidades del proyecto	10
Resumen	10
Introducción.....	11
Datos de la empresa.....	12
Puesto o área de trabajo del estudiante.....	13
Planteamiento del problema.....	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Justificación	15
Delimitación	15
II. Marco teórico	15
III. Desarrollo.....	39
Método de investigación de campo	39
Proceso de recolección de datos para calcular los índices de capacidad de proceso en las líneas de producción.....	39
Estudio de tiempos y movimientos MTM	45
IV. Resultados	46
Actualización de hojas de operación estándar e implementación de manuales para el ajuste de las máquinas calibradoras.	53
Validación de la documentación empleada en las líneas de producción.....	74
Diseño de un aditamento para el preformado de la trencilla.....	80
Visualización del diseño	81

Conclusión	85
Competencias desarrolladas	86
Referencias bibliográficas	87
Anexos	89

Índice de ilustraciones y tablas.

Figura 1 Líneas de producción de interruptores termomagnéticos HOMB, QO3P, HOMM y QO2P, fuente de Schneider Electric.	13
Figura 2 interruptor termomagnético de 70 A, un polo, fuente de https://sdindustrial.com	16
Figura 3 Los ejes de la curva de disparo muestran múltiplos de I_n y tiempo, fuente de https://www.profetolocka.com	18
Figura 4 Zonas de la curva de disparo, fuente de https://www.profetolocka.com ..	19
Figura 5 Zona térmica de la curva de disparo ampliada, fuente de https://www.profetolocka.com	19
Figura 6 Detalle de la zona magnética de la curva de disparo, fuente de https://www.profetolocka.com	21
Figura 7 curva A, B, C de los interruptores termomagnéticos, fuente de https://www.profetolocka.com	24
Figura 8 Partes de un interruptor termomagnético, fuente de https://new.abb.com ..	25
Figura 9 ejemplo de un sistema de manufactura esbelta, fuente de https://new.abb.com	27
Figura 10 representación del sistema Andon, fuente de https://new.abb.com	30
Figura 11 sistema de colores de Andon, fuente de https://safetyculture.com	31
Figura 12 representación del sistema Poka Yoke, https://productiontools.es/lean/poka-yoke/	33
Figura 13 formula de índices de capacidad de proceso	36
Figura 14 Logo del software SolidWorks, fuente de https://SolidWorks.com	38

Figura 15 Tabla de valores de ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de HOMM, fuente de Schneider Electric.	40
Figura 16 Fixture para enfriamiento, fuente de Schneider Electric.	41
Figura 17 Torre de calibración de la línea de producción de HOMM, fuente de Schneider Electric.	41
Ilustración 18 Tabla de valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de QO3P, fuente de Schneider Electric.	42
Figura 19 Fixture de enfriamiento, fuente de Schneider Electric.	42
Ilustración 20 Torre de calibración, fuente de Schneider Electric.	42
Figura 21 Tabla de valores de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de HOMB, fuente de Schneider Electric.	43
Figura 22 Torre de calibración de la línea de HOMB, fuente de Schneider Electric.	43
Figura 23 Valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO2P, fuente de Schneider Electric.	44
Figura 24 Modelo de calibración en las torres de calibración, fuente de Schneider Electric.	44
Figura 25 Demostración de estudio de tiempos y movimientos de las líneas de HOMB, HOMM, QO3P y QO2P, fuente propia.	45
Figura 26 Gráfica de medias y rangos de los valores recolectados, fuente propia.	48
Figura 27 Gráfica de Medias y Rangos de la información recolectada en la línea de QO3P, fuente propia.	49
Figura 28 Gráfica de Medias y Rangos de los datos recolectados en la línea de HOMB, fuente propia.	51
Figura 29 Gráfica de Medias y Rangos de la línea de QO2P, fuente propia.	53
Figura 30 Portada del JBS de la estación de empaque, fuente de Schneider Electric.	55
Figura 31 Identificación de etiquetas UL, fuente de Schneider Electric.	56

Figura 32 Colocación de grasa en máquina, fuente de Schneider Electric.	57
Figura 33 Verificación de método de calibración, manual o por máquina, fuente de Schneider Electric.	58
Figura 34 Adecuado empaque del breaker, fuente de Schneider Electric.	59
Figura 35 Indicación final de la hoja de operación estándar de la estación de empaque, fuente de Schneider Electric.....	60
Figura 36 Diagrama de electroválvulas neumáticas de la maquina análoga, fuente de Schneider Electric.....	61
Figura 37 Ficha de máquina de la análoga, fuente de Schneider Electric.....	62
Figura 38 Instrucciones de validación antes de operar la máquina, fuente de Schneider Electric.	63
Figura 39 Cambio de catálogo en la máquina, fuente de Schneider Electric.	64
Figura 40 Validación de distancia de electrodos en la máquina, fuente de Schneider Electric.....	65
Figura 41 Validación de porta electrodos y presión neumática, fuente de Schneider Electric.....	66
Figura 42 Cambio de herramienta y configuración de parámetros de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos, fuente de Schneider Electric..	67
Figura 43 Ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos en todas sus configuraciones, fuente de Schneider Electric.....	68
Figura 44 Ficha de máquina del sistema de cama de visión, fuente de Schneider Electric.....	69
Figura 45 parámetros del sensor de proximidad, fuente de Schneider Electric.....	70
Figura 46 Parámetros de la cámara de visión, fuente de Schneider Electric.	71
Figura 47 Parámetros del ajuste de posición de la cuchilla, fuente de Schneider Electric.....	72
Figura 48 Indicaciones antes y después de ajustar la máquina, fuente de Schneider Electric.....	73
Ilustración 49 Recolección de valores de disparo de los interruptores termomagnéticos, fuente de Schneider Electric.	74

Ilustración 50 Gráfica de los valores de ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO3P, fuente propia.	75
Ilustración 51 Valores de la venta de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMB, fuente de Schneider Electric.	76
Ilustración 52 Gráfica de los valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMB, fuente propia.	77
Ilustración 53 Tabla de valores de la ventana de disparo de la línea de QO2P, fuente de Schneider Electric.	77
Ilustración 54 Gráfica de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de 20A., de la línea de QO2P, fuente propia.	78
Ilustración 55 Tabla de valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de 100A., de la línea de HOMM, fuente de Schneider Electric.	79
Ilustración 56 Valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMM, fuente propia.	80
Ilustración 57 Trecilla del interruptor termomagnético, fuente de Schneider Electric.	80
Ilustración 58 Preformado de forma manual, fuente de Schneider Electric.	81
Ilustración 59 Soporte del aditamento, fuente propia.	81
Ilustración 60 Placa de posición, fuente propia.	81
Ilustración 61 Placa de protección, fuente propia.	82
Ilustración 62 segunda placa de protección, fuente propia.	82
Ilustración 63 Tornillo M10X1.0	82
Ilustración 64 Perno de 12mm de diámetro.	82
Ilustración 65 Opresor M5X0.8.	82
Ilustración 66 Tuerca M10X1.0.	82
Ilustración 67 Soporte principal – fuente propia.	83
Ilustración 68 Armadura.	83
Ilustración 69 Diseño de aditamento, visualización general - fuente propia.	83
Ilustración 70 Aditamento para el preformado.	83
Ilustración 70 - 71 Aditamento puesto a prueba en la línea de producción, fuente de Schneider Electric.	84

Ilustración 72 Con ayuda del perno se realiza una media vuelta con la trencilla, fuente de Schneider Electric.....	84
Ilustración 73 Se toma la armadura y se coloca a un costado del aditamento, fuente de Schneider Electric.....	84
Ilustración 74 Se observan como se obtiene la misma ´posición de la trencilla para la siguiente estación, fuente de Schneider Electric.	84
Ilustración 75 Se procede a realizar esto con ambos extremos de la trencilla de cobre, fuente de Schneider Electric.....	84
Ilustración 76 Todas las piezas expresadas están acotadas en unidades de Milímetros.....	89

I. Generalidades del proyecto

Resumen

El presente proyecto expone un análisis en la revisión de capacidades de proceso para poder mejorar el proceso de ensamble, ya que actualmente las líneas de fabricación de interruptores termomagnéticos, llamadas HOMB, QO3P, HOMM y QO2P tienen una gran demanda, sin embargo, las metodologías de manufactura esbelta aún están en constante desarrollo por lo que se genera una gran cantidad de material no conforme por el cliente. La revisión de las capacidades de proceso en estas líneas de producción reducirá considerablemente el número de material no conforme con ayuda de las metodologías de Lean Manufacturing al estructurarlas de mejor manera, ya que al evaluar los datos obtenidos de las capacidades de proceso se obtendrá información sobre los catálogos de estos interruptores, los cuales darán comienzo a un enfoque de fabricación desde que es ensamblado en las estaciones de trabajo hasta que es calibrado, hojas de operación estándar, fichas de máquina, ayudas visuales, así como los índices de Cp y Cpk nos darán pauta para poder realizar una mejora al proceso de fabricación de estos elementos eléctricos.

Introducción

En la actualidad gran parte de las industrias de diferentes ramas, por ejemplo, automotriz, farmacéutica, eléctrica, electrónica entre otras han optado por utilizar una filosofía de producción llamada Manufactura esbelta que principalmente busca eliminar desperdicios y así poder optimizar los procesos de producción, los principales desperdicios en los que se enfoca son: defectos, sobre producción, sobre proceso, espera, movimientos, transporte e inventario. Otro tema importante que es requerido en la industria para tener datos concretos es el control estadístico de los procesos de producción, ambos temas (Manufactura esbelta y el control estadístico) están completamente relacionados ya que así se puede tener un control del estado actual de un proceso y verificar la viabilidad de poder mejorar o cambiar dicho proceso.

Así que con ayuda de estas dos herramientas anteriormente mencionadas se realizará la revisión de los índices de capacidad de proceso de los modelos de los breakers de 2 y 3 polos fabricados en estas líneas de producción con características peculiares que diferencian uno de otro, y así realizar una mejora al reducir la cantidad de material no conforme, para ello es importante conocer todo el proceso de fabricación desde la entrada de materiales, equipos utilizados para ensamblar y calibrar los breakers, así como las hojas de operación estándar que utilizan, el tiempo de ensamble en cada estación de trabajo, los movimientos que realizan para finalmente realizar una recolección de datos de los lotes de producción y visualizar las oportunidades de mejora dentro de estas líneas de producción con ayuda de un estudio de los índices de C_p y C_{pk} . Ya que un problema que presentan estas líneas de producción es que la implantación de la filosofía de manufactura esbelta aun está en desarrollo y las altas demandas de ordenes por parte de los clientes externos genera gran cantidad de material no conforme, es decir los breakers cuando se calibran no tiene la ventana de disparo adecuado de acuerdo con el amperaje solicitado.

Datos de la empresa

Schneider Industrial Tlaxcala S.A de C.V.

Schneider Electric es un **líder mundial en tecnología industrial** que aporta experiencia líder mundial en electrificación, automatización y digitalización a **industrias inteligentes**, infraestructuras resilientes, centros de datos preparados para el futuro, edificios inteligentes y hogares intuitivos. Basándose en una profunda experiencia en el campo, brinda soluciones integradas de ciclo de vida de extremo a extremo habilitadas para IA industrial de IoT con productos, automatización, software y servicios conectados, entregando gemelos digitales para permitir un crecimiento rentable para **sus clientes**.

Política integral: es nuestra responsabilidad y compromiso preservar la seguridad e integridad del personal, de los bienes de la compañía y de la cadena de suministro, prevenir la contaminación del medio ambiente, usar eficientemente la energía, aplicando la mejora continua, cumpliendo los requerimientos de todas las partes interesadas las políticas internas y la legislación aplicable.

Mandatos de seguridad

1. La seguridad es responsabilidad de todos.
2. Todas las lesiones y enfermedades ocupacionales pueden prevenirse.
3. La gerencia tiene la responsabilidad de entrenar a todos los trabajadores para que trabajen con seguridad.
4. Trabajar con seguridad es una condición de empleo.
5. Prevenir incidentes y lesiones contribuye al éxito de la compañía.

Ubicación: Vía Corta Sta Ana-Puebla 1602, Estocapa, 90760 Santa Catarina Ayometla, Tlax.

Teléfono: 246-497-97-00

Puesto o área de trabajo del estudiante

Departamento: "Manufacturing Methods & Continuous improvement"

Área de estudio: Líneas de producción HOMB, QO3P, HOMM y QO2P.



Figura 1 Líneas de producción de interruptores termomagnéticos HOMB, QO3P, HOMM y QO2P, fuente de Schneider Electric.

Planteamiento del problema

En el proceso de fabricación de los interruptores termomagnéticos, los diferentes elementos que son ensamblados pueden tener una posición errónea lo que conlleva a una calibración incorrecta, entonces las ventanas de disparo de estos interruptores ya no son los adecuados de acuerdo al amperaje solicitado por el cliente, esto resulta en un índice de capacidad de proceso muy bajo debido a las desviaciones de los límites superiores e inferiores por las ventanas de disparo de estos elementos, por ello existe gran cantidad de material no conforme que día tras día es retrabajado, por ello la necesidad de realizar una revisión a estos índices y validar nuevamente algunas implantaciones de manufactura esbelta para mejorar el proceso de producción.

Objetivo general

Revisar los índices de capacidad de proceso de las líneas de producción tomando en cuenta la correcta funcionalidad de los interruptores termomagnéticos, con ayuda de la filosofía de manufactura esbelta y el control estadístico de procesos productivos, y actualizar las hojas de operación estándar de las estaciones de trabajo.

Objetivos específicos

- Analizar y actualizar hojas de operación estándar.
- Crear un manual para las fichas de máquina de las líneas de producción.
- Verificar la viabilidad de mejorar los índices de capacidad.

Justificación

Las líneas de producción de interruptores termomagnéticos QO3P, HOMM, QO2P y HOMB son líneas críticas debido a la alta demanda del cliente, las ordenes de producción están en espera de ser procesadas, además de que la implantación de la filosofía de manufactura esbelta está en desarrollo, lo cual genera retrasos en la producción, por ello es necesario asegurar fechas de entrega establecidas por el cliente en tiempo y forma. El proyecto que se realizará preende evaluar, comprender y mejorar los índices de capacidad de producción para la satisfacción del cliente.

Delimitación

La revisión de los índices de capacidad de proceso en las líneas de producción de interruptores termomagnéticos QO3P, HOMM, QO2P y HOMB se realizará mediante un enfoque sistemático, es decir, primero se visualizará el sistema de trabajo de las líneas de producción, posteriormente se evaluará el tiempo promedio de ensamble de los interruptores termomagnéticos para poder determinar puntos clave en las diferentes estaciones de trabajo que puedan tener una mejora en el procesamiento de ensamble del breaker, tomando como referencia solamente un catálogo de estos interruptores.

II. Marco teórico

Historia del interruptor termomagnético

Con la invención del primer interruptor termomagnético, patentado hace 100 años, en 1924, Hugo Stotz hizo historia y revolucionó el mundo de la seguridad eléctrica. Hasta entonces, el reto era cambiar el fusible cada vez que se producía un fallo. La combinación de un disparador térmico y uno magnético en un solo dispositivo se convirtió en el "interruptor termomagnético", capaz de desconectar corrientes elevadas sin necesidad de sustituciones repetidas [1].

La omnipresente y conveniente electricidad que alimenta las luces, los refrigeradores y otros electrodomésticos que tan a menudo damos por sentado no sería posible sin este guardián oculto. Desconecta el circuito casi instantáneamente en caso de cortocircuito o sobrecarga, protegiendo a los ocupantes y sus pertenencias de incendios, descargas eléctricas y otros daños [1].

¿Qué es un interruptor termomagnético?



Figura 2 interruptor termomagnético de 70 A, un polo, fuente de <https://sdindustrial.com>.

Un interruptor termomagnético, conocido también como llave térmica, es un dispositivo que protege cables y elementos eléctricos conectados en un mismo circuito eléctrico. Su principal función es la de evitar subidas de tensión que pueden ocasionar severos accidentes para la propiedad, e incluso dañar la integridad física de los habitantes.

Los interruptores termomagnéticos han reemplazado a los fusibles, principalmente porque no hay que sustituirlos por uno nuevo cuando se funden. En fábricas en las que se requieren de complejas instalaciones eléctricas, los interruptores termomagnéticos se complementan con componentes adicionales, como por ejemplo contactos auxiliares, bobinas de mínima tensión o sistemas de barras colectoras [1].

Los **interruptores termomagnéticos** se caracterizan por la intensidad o amperaje, debido a que en función de la intensidad de corte se pueden usar de distintos calibres. Tienen diferentes curvas de disparo, las cuales son B (disparo rápido), C (disparo normal), D (disparo lento) y otras curvas que son MA y Z.

El número de polos que tienen son cuatro. Se tratan de los unipolares que protegen solo una fase, los bipolares que protegen una fase y un neutro, los tripolares que protegen tres fases y por último, los tetra-polares que protegen tres fases y un neutro [2].

Tienen capacidad de corte en cuanto a la intensidad, es decir, poder de corte y se expresa habitualmente en kA (Kilo Amperios) [2].

Principio de funcionamiento de un interruptor termomagnético

El funcionamiento de los **interruptores termomagnéticos** se basa en la dilatación de un metal por el calor y en las fuerzas de atracción que generan los campos magnéticos. En primer lugar, tenemos un bimetálico por el cual circula una corriente, al aumentar la intensidad de esta, este metal comienza a disipar calor y a dilatarse, provocando así la apertura del circuito.

Por otro lado, tenemos una bobina por la cual circula una corriente y genera un cierto campo magnético, al aumentar la intensidad de la corriente, aumenta también la intensidad del campo magnético, provocando una fuerza de atracción en un núcleo que hay en el interior.

Cuando el campo magnético es lo suficientemente grande para atraer todo el núcleo, es decir, cuando existe una corriente eléctrica sobrepasada o en exceso, sucede el corte del circuito [2].

Curvas de disparo o curva de corte

Estas curvas muestran gráficamente las combinaciones de **tiempo** y **corriente** que provocan la **actuación** o **corte** del interruptor. Como los interruptores termomagnéticos tienen dos mecanismos internos de disparo (uno térmico y otro magnético) estas curvas tienen dos partes:

- **La curva térmica que muestra cuando actúa el bimetálico**
- **La curva magnética, que se subdivide en tres y muestra cuándo actúa el mecanismo magnético.**

Los fabricantes, para no hacer una curva por cada Interruptor automático según su corriente nominal (una para el de 6A, otra para el de 10A y así) crean unas curvas que tienen el eje horizontal graduado en **múltiplos de la corriente nominal**. Esto significa que el valor **1** en este eje corresponde al valor de **I_n** , **2** al **doble de I_n** , etc.

Por otro lado, el eje vertical está graduado en segundos y las curvas muestran todas las combinaciones de corriente/tiempo que disparan al interruptor, cualquier punto dentro o en los límites de la curva es una combinación corriente/tiempo que produce el disparo [3].

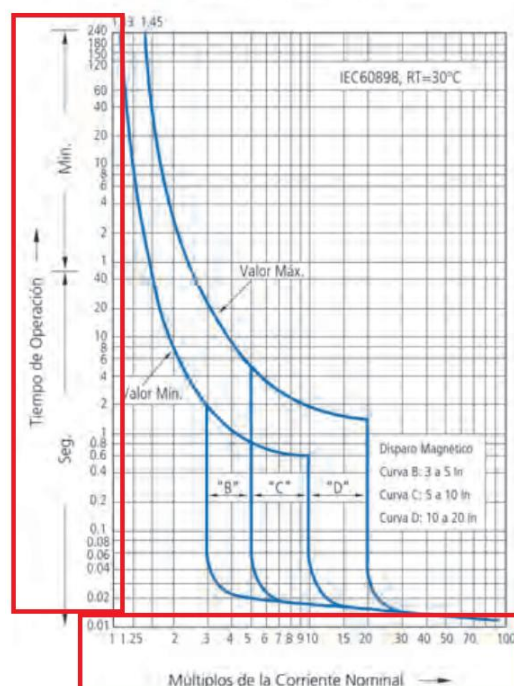


Figura 3 Los ejes de la curva de disparo muestran múltiplos de I_n y tiempo, fuente de <https://www.profetolocka.com>.

Estas curvas se pueden obtener ensayando el interruptor para distintos valores de corriente y midiendo el tiempo que demora en disparar.

Si así se hiciera, un interruptor único tendría una curva también única. Si se repitiera el ensayo con mil interruptores del mismo tipo, posiblemente obtendríamos mil curvas distintas, debido a las variaciones que se producen en su fabricación. Al dibujar estas mil curvas juntas irían formando esas “franjas” que se pueden apreciar en la imagen anterior, con algunos interruptores que están en el límite **mínimo** (Valor Mín) y otros en el límite **máximo** (Valor Máx) [3].

Zonas de disparo

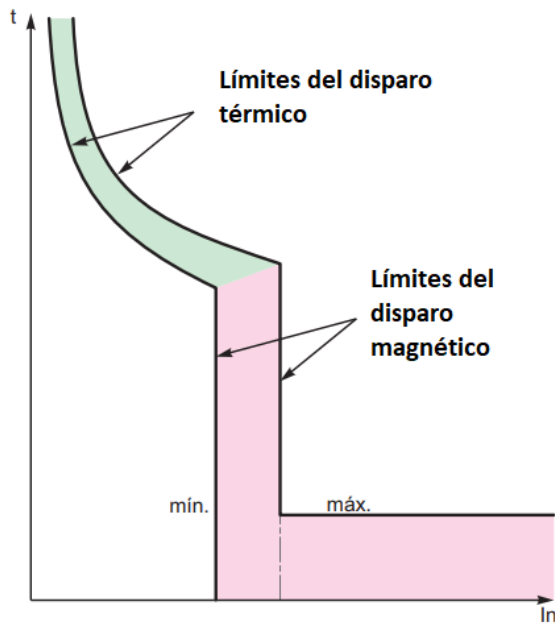


Figura 4 Zonas de la curva de disparo, fuente de <https://www.profetolocka.com>.

Los interruptores termomagnéticos funcionan gracias a dos mecanismos: el **térmico** y el **magnético**. Por ello, las curvas de disparo tienen dos zonas bien diferenciadas, la del **disparo térmico** y la del **disparo magnético** [3], como se pueden ver en la figura 4.

Curva térmica

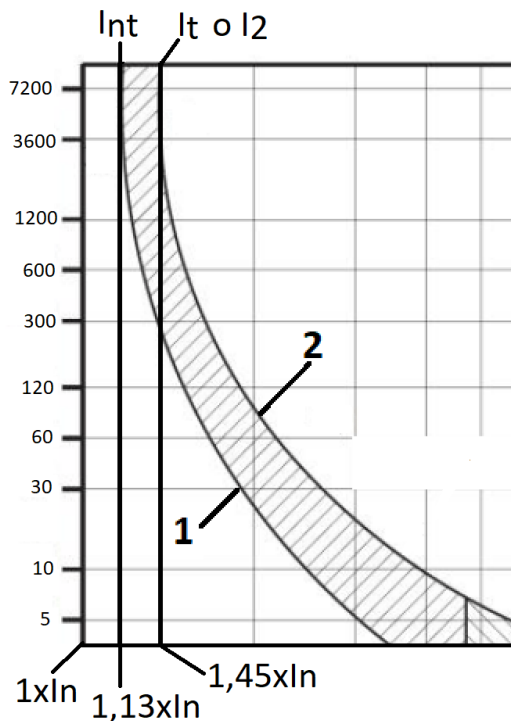


Figura 5 Zona térmica de la curva de disparo ampliada, fuente de <https://www.profetolocka.com>.

En la imagen siguiente podemos apreciar la **curva térmica** ampliada.

Puede verse que para un valor de corriente igual a I_n (corriente nominal), el interruptor no se dispara nunca, porque ese valor de corriente no entra en la curva para ningún valor del tiempo.

Recién cuando la corriente valga 1,13 veces la nominal algunos interruptores se dispararán para un tiempo de entre 1 y 2 horas (3600-7200 segundos) [3].

Este valor de corriente se denomina **I_{nt}** o **corriente convencional de no disparo** y se lo define como la máxima corriente que no disparará al interruptor o como el umbral de disparo (puede apreciarse que cualquier valor menor no provoca el disparo) [3].

Siguiendo hacia los valores mayores de corriente se encuentra **I_t** (**también denominada I_2**) la corriente convencional de disparo o también corriente de disparo seguro, valor que se toma como la mínima corriente que seguramente disparará al interruptor en 1 hora (**para $I_n \leq 63A$**) o dos horas (**para valores de $I_n > 63A$**) [3]. Puede interpretarse como que la curva 1 de la Fig. 5 corresponde al interruptor más “sensible” de un determinado tipo y la curva 2 es la del interruptor más “duro”.

Dentro de las variaciones del proceso de fabricación, el fabricante nos asegura que ningún interruptor se disparará con una corriente menor a **I_{nt}** y que todos se dispararán con una corriente de al menos **I_t** (o **I_2**) [3].

La corriente convencional de disparo **I_2** tiene distintos valores según se trate de un Interruptor termomagnético (IA) o un Pequeño Interruptor termomagnético (PIA):

- **Interruptor automático (IEC 60947-2):** $I_2 = 1,3 I_n$
- **PIA (IEC 60898):** $I_2 = 1,45 I_n$

Curva magnética

El disparo magnético se produce para valores de corriente más elevados, ya que este mecanismo actúa en caso de cortocircuitos. También se aprecia que no hay una única curva de disparo, sino tres zonas o curvas distintas, marcadas como B, C y D.

Estas curvas están definidas por la norma IEC 60898 que especifica tres rangos de sensibilidad, de menor a mayor:

- **Curva B:** Disparo con corrientes entre $3 I_n$ a $5 I_n$
- **Curva C:** Disparo con corrientes entre $5 I_n$ a $10 I_n$
- **Curva D:** Disparo con corrientes entre $10 I_n$ a $20 I_n$

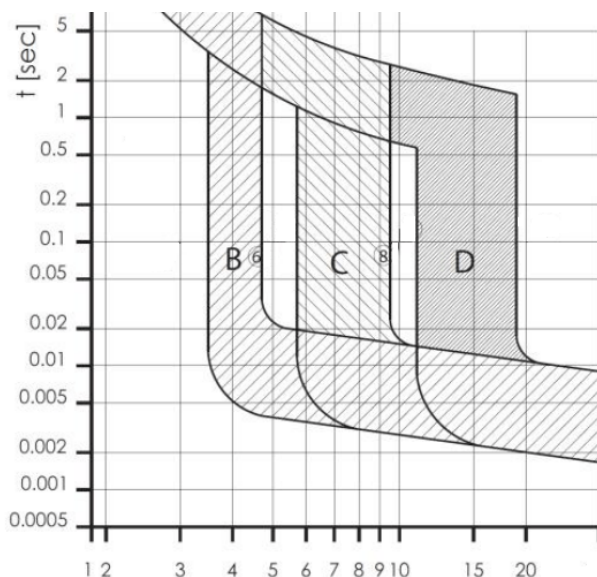


Figura 6 Detalle de la zona magnética de la curva de disparo, fuente de <https://www.profetolocka.com>.

La **C** nos indica la **curva de disparo magnético**, y que ese interruptor termomagnético en particular, ante un cortocircuito, se activará en un rango de corrientes que van entre **80 Amperes (5 x 16A) y 160 Amperes (10 x 16A)** [3].

En el caso de un interruptor **B16** en cambio el disparo ante cortocircuito se producirá cuando sea atravesado por una corriente de entre **3 y 5 veces I_n (48 a 80 Amperes)** y si fuera **D16** el

disparo se producirá cuando la corriente esté entre **10 y 20 veces I_n , es decir entre 160 y 320 Amperes** [3].

Norma IEC 60947-2

La evolución de las medidas de seguridad y de la tecnología ha conllevado un incremento significativo en las exigencias de los interruptores industriales. El cumplimiento de la norma IEC 947-2 renombrada IEC 60947-2 después de 1997, puede considerarse como una seguridad total en el empleo de los interruptores. Esta norma ha sido aprobada en todos los países [4].

Los principios

Es parte de una serie de normas que definen la prescripción del producto eléctrico de Baja Tensión:

Las reglas generales IEC 60947-1, agrupan las definiciones, las prescripciones y los tests comunes a todo el material eléctrico industrial en baja tensión.

Las normas de productos IEC 60947-2 à 7, tratan las prescripciones y tests específicos del producto. La norma IEC 60947-2 se aplica a los interruptores y a sus unidades de control. Las características de funcionamiento de los interruptores dependen de las unidades de control o de los relés que comandan la apertura en las condiciones definidas [4].

Esta norma define las características esenciales de los interruptores industriales:

- Su clasificación: modo de empleo, aptitudes al seccionamiento.
- Las características eléctricas de regulación.
- Información del modo de empleo.
- Las cotas de diseño.
- La coordinación entre protecciones industriales.

La norma regula los interruptores termomagnéticos para aplicaciones industriales. Protegen la distribución de energía eléctrica de hasta 1000 voltios AC. o 1500 voltios DC. Con todo el espectro de gama de intensidades nominales comprendidas entre 0,5 a 6300A. Los servicios públicos y las instalaciones industriales los utilizan, suelen ser productos del tipo:

- Interruptores de bastidor abierto (ACB)
- Interruptores de caja moldeada (MCCB)
- e interruptores de carril DIN (MCB).

Norma IEC 60898

Se relaciona con la corriente alterna (AC) e interruptores de circuito de baja tensión (MCB): Podemos encontrarlos en viviendas, pequeñas tiendas u oficinas.

El estándar establece que la corriente nominal máxima sea de 125A, mientras que la más baja sea de 6A.

Los interruptores de riel DIN cubiertos por esta norma están fabricados para trabajar en circuitos de tensión alterna menor o igual a 440 V, donde el corte de la corriente se hace en aire, y cuyos valores de corriente nominal son iguales o menores a 125 A [4].

El uso de estos interruptores es para instalaciones *domésticas* (y similares), tal como es el caso de una casa. La “898” (tal como se nombra comúnmente a la IEC 60898) tiene la gran responsabilidad de describir las exigencias de interruptores que, por estar instalados en residencias, van a estar bajo uso de personas **no instruidas en temas de electricidad**. Una de las consecuencias de esto es que a estos interruptores no se les permite tener accesible en su frente ningún tipo de regulación. La denominación genérica internacional de los interruptores comprendidos en la “898” es MCB, término inglés que significa *miniature circuit-breaker* [4].

Protección en sobrecargas y corto-circuitos

Estos interruptores son equipados con un disparador térmico que actúa durante la aparición de sobre corrientes bajas (sobrecargas), y de un disparador magnético para las sobre corrientes elevadas (corto-circuitos). De aquí el nombre de interruptores automáticos *termomagnéticos*

.El disparador térmico típico está constituido de una lámina bimetálica que se curva bajo la acción del calor producido por el pasaje de la corriente eléctrica. Esta deformación temporaria de la lámina, debido a los diferentes grados de dilatación de los dos metales que la componen, es la que provoca la apertura del interruptor.

Tipos de curvas de los interruptores termomagnéticos

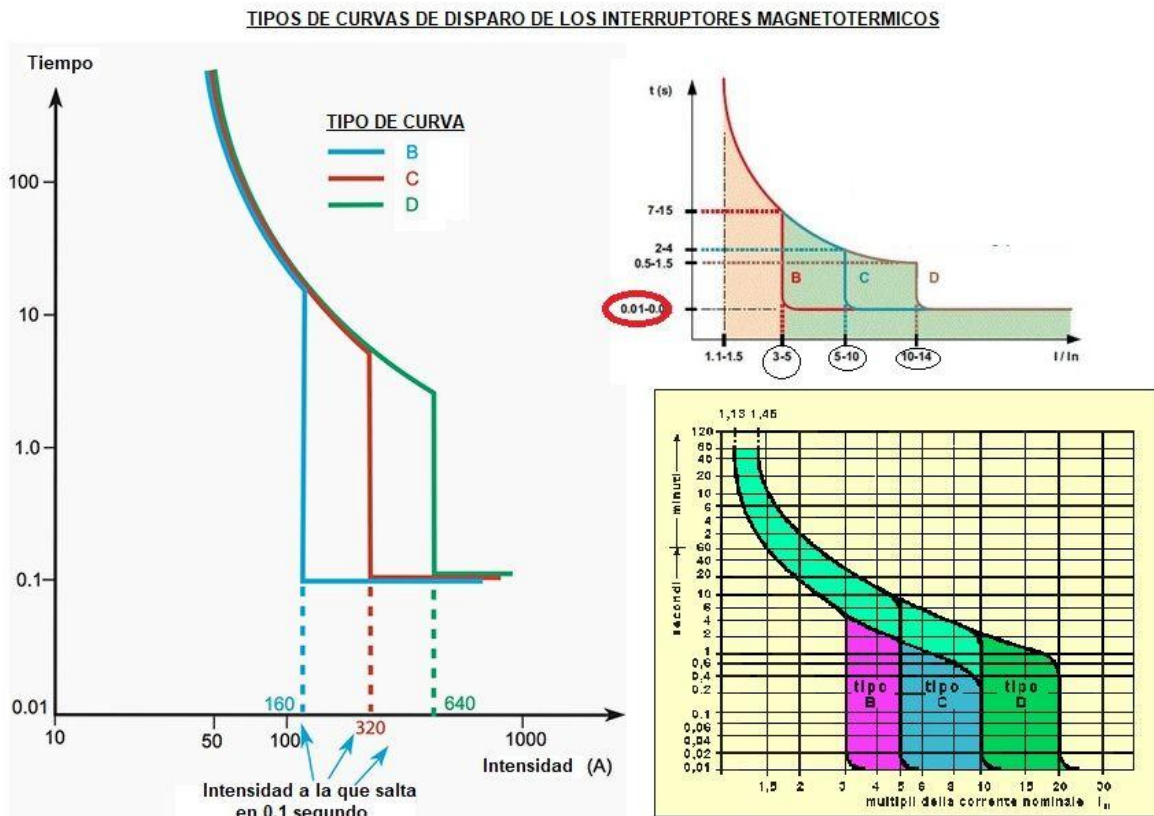


Figura 7 curva A, B, C de los interruptores termomagnéticos, fuente de <https://www.profetolocka.com>.

Interruptor termomagnético de curva B

Son utilizados para la protección de conductores, principalmente se usan en instalaciones de edificios de viviendas con limitaciones. Actúan por efecto térmico, entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal y por efecto magnético actúan entre 3 y 5 veces la intensidad nominal [5].

Interruptor termomagnético de curva C

Son utilizados en instalaciones domésticas sin limitaciones, por ejemplo, en donde existen elevadas intensidades de conexión o arranque. Actúan por efecto térmico con intensidades entre 1,13 y 1,44 veces la intensidad nominal y por efecto magnético actúan entre 5 y 10 veces la corriente nominal [5].

Interruptor termomagnético de curva D

Son para uso industrial en donde existen picos de corriente de inserción y arranques elevados, por ejemplo, para transformadores y capacitores. Actúan entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal en la zona térmica y en la zona magnética actúan entre 10 y 14 veces la corriente nominal [5].

Interruptor termomagnético de curva MA

Estos **interruptores termomagnéticos** carecen de protección térmica, por lo cual solo actúan con efecto magnético con corrientes 12 veces mayores a la nominal [5].

Interruptor termomagnético de curva Z

Se utilizan para proteger las instalaciones que contienen receptores electrónicos. Por efecto térmico, actúan entre 1,1 y 1,4 veces la corriente nominal y en la zona magnética actúan entre 2,4 y 3,6 veces la corriente nominal [5].

Partes de un interruptor termomagnético

Se conforman por las siguientes partes:

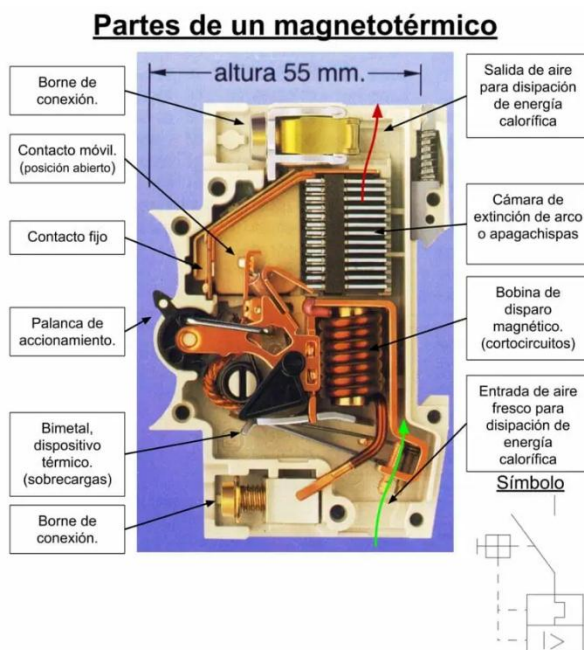


Figura 8 Partes de un interruptor termomagnético, fuente de <https://new.abb.com..>

- **Bobina metálica:** Es la que garantiza de forma magnética el disparo del interruptor en caso de que haya cortocircuitos.

- **Bimetal:** Garantiza de manera térmica el disparo del interruptor en caso de que existan sobrecargas, es decir, cuando se superan los límites de temperatura.

- **Contacto móvil:** Se encarga de abrir el circuito cuando hay detección de sobrecarga o cortocircuitos.

- **Cámara de extinción:** Su función es disipar el arco eléctrico que se genera [5].

Variantes de terminología de los interruptores termomagnéticos

La familia QO

Los interruptores termomagnéticos se utilizan para la protección de los conductores de las instalaciones eléctricas contra sobrecargas y/o cortocircuitos. Estos interruptores automáticos son utilizados en instalaciones domiciliarias y pequeños comercios con bajo consumo.

La familia QO, de Schneider Electric, tiene una gama muy amplia de termomagnéticos, comenzando con el clásico QO, que cuenta con más de 50 años de experiencia en México [5].

Interruptor QO básico

Las siglas del termomagnético QO significan Quick Open (apertura rápida), la cual lo hace más seguro, eficiente y confiable, además lo respalda una gran familia. Si no la conoce, se la presentamos [5].

El interruptor QOB

La letra B es de Bolt on (atornillable), se atornilla en las barras del tablero, su aplicación es en lugares de alta vibración, como, por ejemplo, máquinas industriales, plataformas petroleras y medios de transporte [5].

El interruptor HM

Significan High Magnetic (alta capacidad magnética), es ideal para circuitos con alta corriente de arranque, como las luces de neón, transformadores, dimmers, anuncios luminosos, marquesinas y en salones de eventos [5].

¿Qué es manufactura esbelta?



Figura 9 ejemplo de un sistema de manufactura esbelta, fuente de <https://new.abb.com>.

La manufactura esbelta, también conocida como Lean Manufacturing en inglés, **es una filosofía y metodología de gestión que busca optimizar los procesos de producción** con el objetivo de eliminar desperdicios y maximizar el valor para el cliente.

Fue desarrollado en Japón por Taiichi Ohno, el ingeniero jefe de

Toyota Motor Corporation, y se basa en el Sistema de Producción de esta compañía (Toyota Production System). Esta metodología se ha extendido a lo largo de diferentes industrias y se enfoca en mejorar la eficiencia y la calidad, reduciendo los tiempos de producción y minimizando el uso de recursos.

La clave de la manufactura esbelta radica en identificar y eliminar los desperdicios, también conocidos como "muda" en japonés. Estos desperdicios se refieren a cualquier actividad, proceso o recurso que no agrega valor al producto final desde la perspectiva del cliente [6].

Objetivos de Manufactura Esbelta

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que les permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida [6].

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Genera sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

8 tipos de desperdicios en la manufactura esbelta

Para ello, es importante conocer los diferentes tipos de desperdicio que existen en la manufactura esbelta, los cuales consisten en:

- 1.- Sobreproducción:** producir más de lo necesario antes de tiempo.
- 2.-Tiempo de espera:** esperas innecesarias entre etapas de producción.
- 3.-Transporte innecesario:** movimientos y desplazamientos excesivos de materiales o productos.
- 4.-Procesamiento innecesario:** realizar pasos o procesos que no aportan valor al producto final.
- 5.-Inventario excesivo:** mantener más inventario del necesario.
- 6.-Movimientos innecesarios:** movimientos físicos o acciones innecesarias de los operadores.
- 7.- Defectos:** productos o componentes que no cumplen con los estándares de calidad.
- 8.- Habilidad humana:** no aprovechar al máximo el potencial y conocimiento de los empleados [7].

Principios de la manufactura esbelta

Para aplicar la manufactura esbelta, en la industria es conocida una estrategia, creada por Toyota, llamada “Las 5S”, cuyo objetivo principal es lograr mejoras sostenibles en la organización, orden y limpieza de un entorno de trabajo, al tiempo que aumenta la motivación y el compromiso del personal [7].

“Las 5S” representan cinco conceptos clave, de origen japonés, que conforman los principios de la aplicación de esta metodología:

- **Seiri (Clasificación):** consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios en el área de trabajo. Se identifican y eliminan todos los elementos que no son esenciales, reduciendo el desorden y facilitando la ubicación rápida de los elementos necesarios.
- **Seiton (Orden):** una vez clasificados los elementos necesarios, se establece un lugar para cada uno de ellos de manera organizada. El objetivo es tener un lugar designado para cada objeto, evitando la búsqueda y el desperdicio de tiempo.
- **Seiso (Limpieza):** implica mantener el área de trabajo limpia y ordenada en todo momento. Se fomenta la limpieza regular de los equipos, herramientas y espacios de trabajo para prevenir la acumulación de suciedad y mantener un ambiente seguro y agradable.
- **Seiketsu (Normalización):** este paso busca establecer estándares y procedimientos claros para mantener las tres primeras "S" (clasificación, orden y limpieza) de manera constante. Se desarrollan rutinas y protocolos para garantizar que se sigan aplicando de manera sistemática y se promueva la responsabilidad de todos los miembros del equipo.
- **Shitsuke (Disciplina):** la última "S" se refiere a mantener la disciplina y el compromiso para seguir aplicando las cuatro primeras "S" a largo plazo. Es importante crear una cultura de mejora continua, donde todos los miembros del equipo estén comprometidos con la organización, el orden y la limpieza en el lugar de trabajo [7].

Sistema Andon

Andon es un sistema de gestión visual utilizado por los operarios y directivos de la fabricación ajustada para determinar y mostrar fácilmente el estado de las líneas de producción. Tiene su origen en un término japonés que significa “linterna de papel” con una traducción más exacta al inglés como “signo” o “señal” basada en la metodología Jidoka del Sistema de Producción Toyota (TPS). El sistema funciona tirando del cordón de Andon para señalar los problemas encontrados o la asistencia solicitada, cambiando el color de la luz de Andon y reflejando la actualización en el tablero de Andon. Su objetivo es alertar sobre los problemas en tiempo real para que las soluciones puedan aplicarse inmediatamente, reduciendo el tiempo de inactividad y ahorrando costes [8].

Ventajas del Sistema Andon

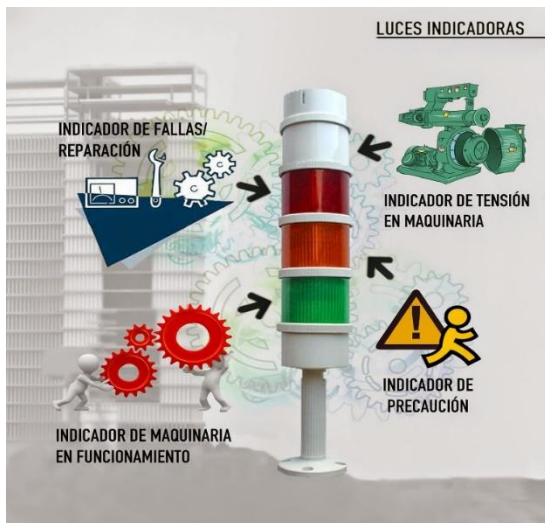


Figura 10 representación del sistema Andon, fuente de <https://new.abb.com>.

Es un sistema que alerta a todos los involucrados del proceso de producción, si hay un problema, o algún potencial de problema en el sistema.

Agiliza la resolución de los diversos problemas presentados en el proceso.

Evita que el empleado pierda tiempo de producción buscando ayuda para la solución de su problema.

Da la oportunidad de explicar causas reales del problema aun estando activo el proceso. Así evita parar la línea de

producción y disminuye el tiempo y esfuerzo de los supervisores de estar monitoreando constantemente el sistema [8].

Código de colores del Sistema Andon



Figura 11 sistema de colores de Andon, fuente de <https://safetyculture.com>.

Los tipos de sistema Andon poseen un código cromático en el que cada color genera un mensaje acerca del estado actual del proceso productivo [8].

1.-Blanco: producción en estado normal.

2.-Rojo: incidencia de calidad.

3.-Ámbar: rotura de stock en algún componente.

4.-Azul: problema de mantenimiento.

Sistema Andon: ¿Cómo funciona?

Antes, el personal de producción abandonaba su puesto para buscar soluciones, pero con Andon, la solución se lleva directamente al área de trabajo. Es un sistema que ha sido probado para agilizar los flujos de trabajo. En general, Andon funciona a través de una red interconectada de tres componentes principales: cable, luz y tablero. A continuación, se indica lo que significan los diferentes tipos de Andon y cómo funcionan [9]:

1. Cordón de Andón

El cordón, el cable o la cuerda de Andon suelen estar situados en la parte superior de los trabajadores de la cadena de montaje. Cuando se tira, significa que un operador de producción requiere apoyo porque se ha identificado un problema. En algunos entornos, el cordón se manifiesta como un botón o un interruptor. Sea cual sea el caso, su objetivo sigue siendo el mismo: alarmar a los demás de un problema que se ha detectado [9].

2. Luz de Andón

El acto de tirar de la cuerda o pulsar el botón también activa la luz Andon de ese equipo o línea de producción específicos. El cambio de color ayuda a los socorristas a determinar rápidamente la zona que necesita su ayuda. Mientras que otros tipos pueden tener colores adicionales como el azul y el blanco, un sistema de luces simple muestra tres colores principales: verde, amarillo o ámbar y rojo [9].

- Verde significa que la producción es normal o funciona sin problemas, así que continúe con el trabajo como de costumbre.
- Amarillo o ámbar significan que se ha detectado un problema, por lo que hay que responder a la señal y ayudar al operario a solucionar el problema o realizar comprobaciones de calidad del producto.
- Rojo significa que la producción se ha detenido, por lo que hay que investigar con el jefe de equipo o remitir el problema a los responsables y solucionarlo antes de continuar con la producción.

3. Junta de Andón

Cada uno con sus códigos de color apropiados, el estado de las líneas de producción se actualiza automáticamente en el tablero de Andon. Es una única fuente de verdad para las condiciones actuales de fabricación. De un vistazo, los supervisores y los trabajadores de la fábrica pueden ver los objetivos de producción, las cifras reales y el tiempo total de inactividad, si lo hay, fomentando una cultura de transparencia y responsabilidad [9].

Características del Sistema Andon

Las principales características de Andon comunes a todos los tipos de Andon son las siguientes:

- Orientación de la medición y de las soluciones hacia los procesos y no hacia el personal.
- Eliminación del desperdicio, minimizando pérdidas de tiempo, dinero y calidad.
- Generación de una señal de alerta que sirve de advertencia en tiempo real de la existencia de imperfecciones en los procesos para su inmediata corrección y para evitar su reiteración [9].

Sistema Kaizen de mejora continua

El método Kaizen es una estrategia de gestión empresarial que busca la mejora continua de las operaciones de una organización mediante el perfeccionamiento cotidiano y progresivo. Su objetivo es implementar mejoras y reducir ineficiencias para construir un entorno efectivo y productivo que aumente la competitividad de las empresas. Este enfoque se centra en la idea de que, si alguien es capaz de hacer algo bien, también es capaz de hacerlo mejor [10].

Sistema Poka-yoke

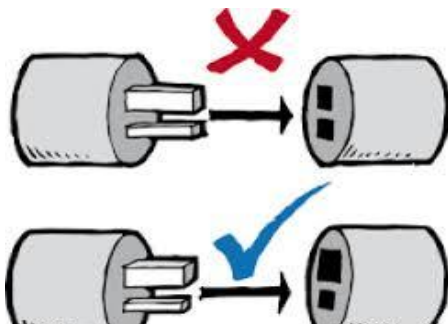


Figura 12 representación del sistema Poka Yoke,
<https://productiontools.es/lean/poka-yoke/>.

El método poka-yoke es una técnica japonesa que se usa para evitar errores en las operaciones de una empresa. Su traducción significa a prueba de errores o evitar errores inadvertidos [10].

Se creó en 1960 en la fábrica de Toyota en Japón por el ingeniero Shigeo Shingo. El propósito de

desarrollar esta técnica de mejora continua fue eliminar deficiencias en los procesos de producción.

El método poka-yoke fue ideado para prevenir los errores humanos. Dentro de la visión lean manufacturing es considerada como una herramienta de calidad que, por ende, busca aumentar la calidad de los productos elaborados e incrementar su nivel de eficiencia [10].

Entre algunas de sus ventajas podemos encontrar las siguientes:

- Mejora la calidad de las operaciones o procesos.
- Mejora la eficiencia y productividad de los procesos.
- Minimiza la posibilidad de cometer errores humanos.
- Es de fácil y más barata aplicación que el costo de los errores.
- Evita correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
- Mejora la experiencia de uso de los clientes.

¿Qué es Control Estadístico?

La variabilidad en los procesos industriales está detrás de muchos de los problemas de calidad que sufren las empresas manufactureras. Si no se monitoriza correctamente, este fenómeno aumenta las probabilidades de fabricar unidades defectuosas y, como consecuencia, eleva los costes de producción. El control estadístico de procesos (SPC) **es esencial para las empresas que desean mejorar la calidad y eficiencia de sus procesos productivos.** Al utilizar herramientas estadísticas, las empresas pueden identificar y corregir variaciones y problemas en tiempo real, **lo que resulta en una producción más consistente y de alta calidad.** Además, el SPC ayuda a reducir costos al minimizar los defectos y desperdicios, mejorar la satisfacción del cliente al ofrecer productos más fiables y mantener una ventaja competitiva en el mercado al optimizar continuamente los procesos [11].

Función de un Control Estadístico

El control estadístico de procesos (SPC) es un enfoque sistemático que utiliza herramientas estadísticas para supervisar y mejorar los procesos de producción. A continuación, se detalla cómo funciona:

Identificación de variables críticas

El primer paso en el SPC es determinar qué características del proceso son imprescindibles para la calidad del producto. Estas variables pueden incluir dimensiones físicas, tiempos de ciclo, temperaturas, entre otros aspectos que afectan directamente el resultado final [11].

Recolección de datos

Una vez identificadas las variables críticas, se procede a recopilar datos de manera continua durante el proceso de producción. Esto se puede hacer manualmente o mediante sistemas automatizados que capturan la información en tiempo real, lo cual es más eficiente y preciso [11].

Establecimiento de límites de control

Los límites de control superior e inferior se definen para cada variable crítica. Estos límites representan los valores dentro de los cuales se espera que el proceso funcione de manera estable. Se basan en el análisis estadístico de datos históricos y la variabilidad natural del proceso [11].

Gráficos de control

Los datos recolectados se representan en gráficos de control, que muestran la variación del proceso a lo largo del tiempo. Los gráficos más comunes son los gráficos X-barra (para promedios) y R (para rangos), los cuales ayudan a visualizar si el proceso se mantiene dentro de los límites establecidos [11].

Seguimiento y análisis

El monitoreo continuo de los gráficos de control permite detectar cualquier desviación de los límites de control. Si los datos se mantienen dentro de estos

límites, el proceso se considera bajo control. Si no, se investiga la causa de la desviación [11].

Acción correctiva

Cuando se detecta una desviación, se analiza la causa raíz del problema. Este análisis puede incluir la revisión de materiales, métodos, equipos o personal. Una vez identificada la causa, se implementan acciones correctivas para corregir el problema y restablecer el control del proceso [11].

Revisión y mejora continua

El SPC es un proceso dinámico que requiere una revisión y ajuste continuos. Los datos y análisis obtenidos se utilizan para realizar mejoras en el proceso, buscando siempre reducir la variabilidad y aumentar la eficiencia y calidad del producto [11].

¿Qué es capacidad de proceso CP?

Cp: Cp (a veces también llamado Cpi) significa el índice de capacidad del proceso. $Cp = (\text{Límite de especificación superior} - \text{Límite de especificación inferior}) / (6 \times \text{Desviación estándar})$

La fórmula para el cálculo es:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

Figura 13 formula de índices de capacidad de proceso

El Límite de especificación superior e inferior son los límites dentro de los cuales el proceso debe producir productos que cumplan con las especificaciones de diseño [11].

En palabras normales significa que el índice Cp se calcula en base a la variación dentro del subgrupo. Así que si la variación dentro del subgrupo es muy pequeña usted tendrá un buen índice Cp sin importar cuanto se desvíe el promedio del proceso o cual sea la ubicación del proceso así que el índice Cp le muestra que tan capaz es su máquina de producir productos consecutivos dentro de la variación requerida (Tolerancia) [11].

Pasos para realizar un estudio de Capacidad de Proceso

- **Paso 1:** Tomar las muestras una vez que se determina que el proceso es estable o que está en control estadístico.
- **Paso 2:** Realizar las mediciones de la característica de calidad objetivo.
- **Paso 3:** Podemos graficar los puntos para confirmar que el proceso se comporta de una manera normal, sin presentar tendencias, corridas o puntos fuera de control estadístico.
- **Paso 4:** Obtener la anchura o rango de tolerancias. (Límite superior – Límite inferior de las especificaciones)
- **Paso 5:** Obtener la anchura o rango del proceso. Esta es igual a seis veces la desviación estándar del proceso. Para calcular la desviación estándar del proceso para fines de obtener un Cp práctico, podemos utilizar una estimación de la desviación estándar.

¿Qué es Cpk?

Valor que caracteriza la relación existente entre la media del proceso y su distancia al límite de especificación, por el cual el proceso dará un resultado menos correcto. Es el índice utilizado para saber si el proceso se ajusta a las tolerancias, es decir, si la media natural del proceso se encuentra centrada o no con relación al valor nominal del mismo. Se considera que el proceso está dentro de las especificaciones si el índice $Cpk \geq 1,33$ [11].

La mejor forma de calcular el Cpk es mediante un QMS (Quality Management System) como Kapture.IO, de forma dinámica, con posibilidad de aplicar filtros y ver la afectación de éstos al Cpk,

La definición de Cpk es un índice de capacidad. Se utiliza para comprobar la calidad de un proceso, admitiendo algunos límites en las especificaciones, y siempre juntamente con el Cp.

La fórmula para el Cpk es:

$Cpk = \min (Cpk \text{ superior}, Cpk \text{ inferior})$

$Cpk \text{ superior} = (\text{Límite de especificación superior} - \text{Valor nominal o central de la característica}) / (3 \times \text{Desviación estándar})$

$Cpk \text{ inferior} = (\text{Valor nominal} - \text{Límite de especificación inferior}) / (3 \times \text{Desviación estándar})$

La fórmula de Cpk utiliza la desviación estándar del proceso para calcular la variabilidad en relación con los límites de especificación, y luego selecciona el valor mínimo entre los dos valores de Cpk superior e inferior para determinar la verdadera capacidad del proceso.

El Cpk no incluye un valor objetivo, ya que ya existen otros estudios de capacidad que podrían ser utilizados para esto, por ejemplo, entre otros el estudio Cpm [11].

SolidWorks



Figura 14 Logo del software SolidWorks, fuente de <https://SolidWorks.com..>

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de **desarrollo del producto**. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar,

publicar y gestionar los datos del proceso de diseño [12].

III. Desarrollo

Método de investigación de campo

Para esta investigación se utilizará el método de investigación en campo ya que es necesario la recopilación de información y obtención de datos es en el área donde se concentra el tema de estudio. Como es lógico, el análisis de información y la interpretación de sus conclusiones se derivarán exclusivamente de lo obtenido en el ambiente (campo) donde se presenta el fenómeno. El principal propósito es estudiar las características principales, conductas y peculiaridades del tema de estudio y establecer una comparación con la teoría existente sobre el tema, para corroborarla, complementarla o refutarla, y así generar nuevos conocimientos sobre el objeto de estudio en las líneas de producción de interruptores termomagnéticos. Se utilizan los métodos de investigación específicos para la disciplina de estudios y también se diseñan ciertas técnicas e instrumentos para recabar información en el medio donde interactúa el fenómeno bajo estudio. Para la tabulación y el análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadístico-matemáticos como lo son los índices de capacidad de proceso, que ayudan a concentrar, interpretar y obtener conclusiones formales con ayuda del software de SolidWorks en caso de que sea necesario crear, o diseñar algún modelo en cuestión con bases y hechos que científicamente están comprobadas.

Proceso de recolección de datos para calcular los índices de capacidad de proceso en las líneas de producción.

En este apartado se describirá la recolección de datos de los interruptores termomagnéticos. Se registraron los datos de un catálogo en específico de cada línea de producción, es decir, para la línea de HOMB un breaker de 20 A., QO2P un breaker de 20 A., HOMM un breaker de 100 A., y finalmente para QO3P un breaker de 30 A.

A continuación, se muestra una tabla de la recolección de datos de los interruptores termomagnéticos, donde se puede observar que la criticidad de estos elementos es la ventana de disparo, que básicamente nos dice que un breaker debe de tener un tiempo de disparo en las pruebas de Check Test, esta ventana de disparo cambia dependiendo del modelo del breaker así como al amperaje solicitado por le cliente, en caso de que no dispare en el tiempo adecuado el lote es detenido y directamente llevado al área de retrabajo.

Para los modelos de interruptores termomagnéticos de la línea de HOMM: HOM2100, HOM2100CP, HOM2100Z, CHOM2100 y CHOM2100CP la ventana de disparo es de 10 a 60 minutos, a continuación, se muestra una tabla de un lote completo para el catálogo HOM2100, el cual para poder registrar los datos se sitúa en la estación denominada Check test en donde una torre de calibración realiza esta prueba y en esta pantalla menciona si el breaker esta dentro o fuera de los parámetros establecidos.

# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha	# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha
1	A	9.08	01/08/2024 13:44	26	A	17.39	01/08/2024 20:32
2	A	12.46	01/08/2024 14:03	27	A	13.59	01/08/2024 20:32
3	A	16.17	01/08/2024 14:03	28	A	12.46	01/08/2024 20:32
4	A	18.12	01/08/2024 14:03	29	A	18.07	01/08/2024 20:32
5	A	20.15	01/08/2024 14:03	30	A	16.46	01/08/2024 21:38
6	A	19.59	01/08/2024 15:11	31	A	15.56	01/08/2024 21:38
7	A	15.21	01/08/2024 15:11	32	A	13.29	01/08/2024 21:38
8	A	21.47	01/08/2024 15:11	33	A	22.30	01/08/2024 21:38
9	A	20.29	01/08/2024 15:11	34	A	13.39	01/08/2024 22:36
10	A	17.05	01/08/2024 16:21	35	A	62.40	01/08/2024 22:36
11	A	17.01	01/08/2024 16:21	36	A	17.17	01/08/2024 22:36
12	A	19.15	01/08/2024 16:21	37	A	15.46	01/08/2024 22:36
13	A	6.99	01/08/2024 16:21	38	A	13.13	01/08/2024 23:45
14	A	13.52	01/08/2024 17:39	39	A	16.47	01/08/2024 23:45
15	A	19.03	01/08/2024 17:39	40	A	17.33	01/08/2024 23:45
16	A	24.39	01/08/2024 17:39	41	A	14.27	01/08/2024 23:45
17	A	6.34	01/08/2024 17:39	42	A	14.16	02/08/2024 01:19
18	A	15.35	01/08/2024 18:35	43	A	17.53	02/08/2024 01:19
19	A	22.26	01/08/2024 18:35	44	A	65.17	02/08/2024 01:19
20	A	18.12	01/08/2024 18:35	45	A	14.58	02/08/2024 01:19
21	A	16.10	01/08/2024 18:35				
22	A	15.35	01/08/2024 19:31				
23	A	17.39	01/08/2024 19:31				
24	A	14.26	01/08/2024 19:31				
25	A	13.28	01/08/2024 19:31				

Figura 15 Tabla de valores de ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de HOMM, fuente de Schneider Electric.



Figura 16 Fixture para enfriamiento, fuente de Schneider Electric.

Para calibrar los interruptores termomagnéticos en la estación de Check Test, pasa por una prueba de enfriamiento a temperatura ambiente de aproximadamente 20°C, como se muestra en la imagen 10, este aditamento cubre por completo el interruptor, en el interior tiene un sistema de aire comprimido lo que ayuda generar esa temperatura deseada, ya que

debido Norma IEC 60898, la temperatura deseada para poder calibrarlos en la torre de calibración es de 23 °C a 27 °C.



Figura 17 Torre de calibración de la línea de producción de HOMM, fuente de Schneider Electric.

Posteriormente se ilustra la torre de calibración donde es introducido el interruptor y en las terminales se le induce corriente eléctrica a un 135% del valor nominal, es decir si el interruptor es de 100 A., entonces la prueba se realiza con 135% de A., por lo cual se le conoce como una estación crítica por el riesgo de choque eléctrico.

Posteriormente se realizó la recolección de datos de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO3P, de los catálogos QO330, QOB330 la ventana de disparo es de 0 a 5 minutos, de igual manera la información recolectada nos las da la torre de calibración de la estación de Check Test de esta línea de producción, a continuación, se muestra la tabla de valores de la ventana de disparo para este catálogo en específico.

# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha	# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha
1	A	6:17	04/10/2024 16:06	26	A	2:21	04/10/2024 22:39
2	A	9:10	04/10/2024 18:37	27	A	2:08	04/10/2024 23:56
3	A	2:27	04/10/2024 17:37	28	A	2:06	04/10/2024 23:56
4	A	2:49	04/10/2024 17:37	29	A	2:24	04/10/2024 23:56
5	A	4:44	04/10/2024 17:37	30	A	3:20	04/10/2024 23:56
6	A	9:46	04/10/2024 17:37	31	A	2:31	05/10/2024 01:12
7	A	4:37	04/10/2024 18:38	32	A	2:42	05/10/2024 01:12
8	A	2:06	04/10/2024 18:38	33	A	3:14	05/10/2024 01:12
9	A	3:16	04/10/2024 18:38	34	A	2:58	05/10/2024 01:12
10	A	4:09	04/10/2024 18:38	35	A	4:21	05/10/2024 02:01
11	A	4:52	04/10/2024 19:35	36	A	4:13	05/10/2024 02:01
12	A	2:24	04/10/2024 19:35	37	A	1:47	05/10/2024 02:01
13	A	2:50	04/10/2024 19:35	38	A	2:39	05/10/2024 02:01
14	A	3:02	04/10/2024 19:35	39	A	3:39	05/10/2024 02:53
15	A	2:51	04/10/2024 20:34	40	A	3:11	05/10/2024 02:53
16	A	2:44	04/10/2024 20:34	41	A	4:54	05/10/2024 02:53
17	A	2:57	04/10/2024 20:34	42	A	5:57	05/10/2024 02:53
18	A	5:39	04/10/2024 20:34	43	A	2:40	05/10/2024 04:16
19	A	2:53	04/10/2024 21:31	44	A	3:01	05/10/2024 04:16
20	A	2:05	04/10/2024 21:31	45	A	1:41	05/10/2024 04:16
21	A	2:30	04/10/2024 21:31				
22	A	5:02	04/10/2024 21:31				
23	A	3:16	04/10/2024 22:39				
24	A	2:05	04/10/2024 22:39				
25	A	2:48	04/10/2024 22:39				

Ilustración 18 Tabla de valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de QO3P, fuente de Schneider Electric.



Figura 19 Fixture de enfriamiento, fuente de Schneider Electric.

Se puede observar en la imagen 13 el fixture de enfriamiento, la principal razón es debido a la normatividad IEC se establece que el breaker debe ser calibrado en una temperatura entre 23 °C a 27 °C.



Ilustración 20 Torre de calibración, fuente de Schneider Electric.

En esta torre de calibración podemos observar que en la pantalla nos da los datos necesarios para establecer si un breaker está calibrado dentro de las ventanas de disparo establecidos por el organismo IEC.

En la línea de HOMB, se seleccionó el catálogo HOM220, el cual su ventana de disparo es de 1:00 a 5:00 minutos, a continuación, se muestra una tabla donde se observan los vales de tiempo de disparo para este modelo de interruptor termomagnético.

# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha	# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha
1	A	2:53	01/08/2024 13:44	26	A	2:45	01/08/2024 13:44
2	A	3:03	01/08/2024 14:03	27	A	4:46	01/08/2024 14:03
3	A	1:33	01/08/2024 14:03	28	A	2:24	01/08/2024 14:03
4	A	4:03	01/08/2024 14:03	29	A	5:10	01/08/2024 14:03
5	A	3:13	01/08/2024 14:03	30	A	3:20	01/08/2024 14:03
6	A	3:54	01/08/2024 15:11	31	A	4:27	01/08/2024 15:11
7	A	3:00	01/08/2024 15:11	32	A	2:22	01/08/2024 15:11
8	A	2:59	01/08/2024 15:11	33	A	6:32	01/08/2024 15:11
9	A	2:29	01/08/2024 15:11	34	A	3:41	01/08/2024 15:11
10	A	2:19	01/08/2024 16:21	35	A	5:22	01/08/2024 16:21
11	A	3:28	01/08/2024 16:21	36	A	2:09	01/08/2024 16:21
12	A	2:27	01/08/2024 16:21	37	A	3:44	01/08/2024 16:21
13	A	5:31	01/08/2024 16:21	38	A	2:52	01/08/2024 16:21
14	A	2:10	01/08/2024 17:39	39	A	3:54	01/08/2024 17:39
15	A	2:41	01/08/2024 17:39	40	A	3:00	01/08/2024 17:39
16	A	2:00	01/08/2024 17:39	41	A	2:59	01/08/2024 17:39
17	A	4:33	01/08/2024 17:39	42	A	2:29	01/08/2024 17:39
18	A	5:57	01/08/2024 18:35	43	A	2:19	01/08/2024 18:35
19	A	3:04	01/08/2024 18:35	44	A	3:28	01/08/2024 18:35
20	A	2:13	01/08/2024 18:35	45	A	2:27	01/08/2024 18:35
21	A	4:15	01/08/2024 18:35				
22	A	4:27	01/08/2024 19:31				
23	A	6:08	01/08/2024 19:31				
24	A	3:45	01/08/2024 19:31				
25	A	2:43	01/08/2024 19:31				

Figura 21 Tabla de valores de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de producción de HOMB, fuente de Schneider Electric.



Figura 22 Torre de calibración de la línea de HOMB, fuente de Schneider Electric.

Se puede observar la torre de calibración de la línea de HOMB, esta torre tiene unas aberturas llamadas fixtures donde el breaker es introducido y se le coloca cables a las terminales de tal manera se cierre el circuito como en una prueba real de la función de un interruptor termomagnético,

Finalmente se realizó la recolección de datos de la línea de QO2P, el catálogo selecciono fue QO220, a continuación, se muestra la tabla de valores de la ventana de disparo el valor determinado para este modelo en específico es de 1:00 a 15:00 minutos, donde las torres de calibración se le induce una prueba del 300% es decir aproximadamente 60 A., en donde el interruptor termomagnético tiene que responder ante este tipo de pruebas en las estaciones de calibración de Check Test.

# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha	# Breaker	# Análoga	Tiempo disparo Min: Seg	Fecha
1	A	2:53	01/08/2024 13:44	26	A	2:45	01/08/2024 13:44
2	A	3:03	01/08/2024 14:03	27	A	1:17	01/08/2024 14:03
3	A	1:33	01/08/2024 14:03	28	A	2:24	01/08/2024 14:03
4	A	12:34	01/08/2024 14:03	29	A	5:10	01/08/2024 14:03
5	A	3:13	01/08/2024 14:03	30	A	16:34	01/08/2024 14:03
6	A	3:54	01/08/2024 15:11	31	A	4:27	01/08/2024 15:11
7	A	3:00	01/08/2024 15:11	32	A	2:22	01/08/2024 15:11
8	A	2:59	01/08/2024 15:11	33	A	6:32	01/08/2024 15:11
9	A	2:29	01/08/2024 15:11	34	A	3:41	01/08/2024 15:11
10	A	2:19	01/08/2024 16:21	35	A	5:22	01/08/2024 16:21
11	A	18:34	01/08/2024 16:21	36	A	2:09	01/08/2024 16:21
12	A	2:27	01/08/2024 16:21	37	A	3:44	01/08/2024 16:21
13	A	19:23	01/08/2024 16:21	38	A	2:52	01/08/2024 16:21
14	A	2:10	01/08/2024 17:39	39	A	3:54	01/08/2024 17:39
15	A	2:41	01/08/2024 17:39	40	A	3:00	01/08/2024 17:39
16	A	2:00	01/08/2024 17:39	41	A	2:59	01/08/2024 17:39
17	A	4:33	01/08/2024 17:39	42	A	2:29	01/08/2024 17:39
18	A	5:57	01/08/2024 18:35	43	A	2:19	01/08/2024 18:35
19	A	3:04	01/08/2024 18:35	44	A	3:28	01/08/2024 18:35
20	A	2:13	01/08/2024 18:35	45	A	2:27	01/08/2024 18:35
21	A	1:12	01/08/2024 18:35				
22	A	4:27	01/08/2024 19:31				
23	A	6:08	01/08/2024 19:31				
24	A	3:45	01/08/2024 19:31				
25	A	1:34	01/08/2024 19:31				

Figura 23 Valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO2P, fuente de Schneider Electric.



Podemos observar en la figura 24 un ejemplo de cómo el interruptor termomagnético es introducido en el fixture para las pruebas de Check Test.

Figura 24 Modelo de calibración en las torres de calibración, fuente de Schneider Electric.

Estudio de tiempos y movimientos MTM

En esta sección se realizó un estudio de tiempos y movimientos en el sistema de Schneider Electric en cada estación de trabajo con la finalidad de poder conocer las operaciones que se realizan en cada una de ellas y poder realizar alguna mejora con ayuda de las herramientas de Lean Manufacturing, a continuación se muestra una tabla de manera general de cómo se realizó el estudio así como los códigos específicos para la empresa, posteriormente se explicará detalle la documentación clave en la actualización.

Estación 1	Movimiento	Distancia	TIEMPO - S		Movimiento	Distancia	TIEMPO - S	G
Mano izquierda				Mano derecha				GB
Tomar base	GB	G15	2	Tomar base	GB	G15	3.4	GC
Tomar colita	GC	G5	3	Tomar armadura para colita	GC	G5	2.5	PA
Tomar resorte	GC	G5	2	Colocar en el fixture	PB	G5	1.9	PB
				Ensamblar en la base	GB	G5	3.7	
				Empujar al atornillador	PA	G5	2.4	
Estación 2								
Mano izquierda				Mano derecha				
Tomar colita	GC	G5	2.5	Tomar armadura para colita	GC	G5	2.4	
Tomar resorte	GC	G5	2.5	Colocar en fixture	PB	G5	1	
Colocar resorte en armadura	GB	G5	2	Ensamblar en la base	GB	G5	1.5	
Apilar ensambles	PA	G5	3	Apilar ensambles	PA	G5	2.7	
Estación 3								
Mano izquierda				Mano derecha				
Tomar el triplever	GC	G5	1.3	Tomar resorte	GC	G5	1.3	
Colocar grasa en el triplever	GA	G5	1.2	Colocar en la base	GB	G5	1.9	
Desplazar por el riel	PA	G5	1.9	Tomar Dummy	GC	G15	2.4	
				Colocar en la base	GB	G5	2.4	
				Tomar PIN	GC	G5	2.7	
				Colocar en la base	GB	G5	2.3	
Estación 4								
Mano izq				Mano derecha				
Tomar slide	GC	G5	1.4	Tomar crossbar	GC	G5	1	
				Tomar quijada	GC	G5	2	
				Tomar PIN	GC	G5	3	
				Ensamblar en base	GB	G5	4	

Figura 25 Demostración de estudio de tiempos y movimientos de las líneas de HOMB, HOMM, QO3P y QO2P, fuente propia.

Posteriormente, se procede a realizar la actualización de la documentación, esta actividad fue clave para conocer el proceso de fabricación de cada estación de trabajo, se propone un modelo y diseño de un fixture que ayudará a reducir el tiempo de ensamble en la estación 1 de todas las líneas de producción, con ayuda del software de Solidworks se crea el diseño y lo valida el equipo de producción para su fabricación y se pone a prueba en la estación una vez fabricado por el departamento de herramientas.

IV. Resultados

Análisis de índices de capacidad de proceso para las líneas de producción de HOMB, HOMM, QO2P y QO3P

En base a la información recabada en cada línea de producción sobre la ventana de disparo de cada modelo de interruptor termomagnético se genera un estudio estadístico el cual busca generar un criterio de capacidad de proceso en estas líneas de producción con la posibilidad de realizar algún tipo de mejora en las estaciones de trabajo para generar un menor retrabajo en dichas estaciones y poder mejorar estos índices.

A continuación, se muestran los resultados de la línea de producción de HOMM con sus respectivas interpretaciones de acuerdo con los valores obtenidos.

Enunciado: En la línea de producción de HOMM se producen interruptores termomagnéticos de 100A., sin embargo, siempre en las estaciones finales existe retrabajo de 1 a 2 lotes de producción por turno, que asciende aproximadamente a 120 interruptores, debido a que los interruptores no disparan dentro de la ventana de tiempo establecidos por el sistema. El cliente requiere conocer la Capacidad de Proceso de estos elementos, se sabe que la ventana de disparo es de 10 a 60 minutos. Su media y desviación estándar están dadas por: $\mu=17.86$ y $\sigma=10.59$.

Datos:

Tabla 1 Valores de índice de capacidad de proceso

Tolerancia= 35±25	LSE= 60	Cpi= 0.24
$\mu=17.86$	LIE= 10	Cps= 1.32
$\sigma=10.59$	CP= 0.786	Cpk= 0.24

Para calcular Cp, Cpi, Cps y Cpk se tiene:

μ = media poblacional.

σ = desviación estándar.

LSE= Límite superior.

LIE= Límite inferior.

CP= Capacidad de proceso.

Cpi= Capacidad de proceso con respecto al límite inferior.

Cps= Capacidad de proceso con respecto al límite superior.

Cpk= Indicé de capacidad de proceso que se ajusta las tolerancias especificadas.

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{60 - 10}{6(10.59)} = \mathbf{0.786}$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{17.86 - 10}{3(10.59)} = \mathbf{0.24}$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{60 - 17.86}{3(10.59)} = \mathbf{1.32}$$

De acuerdo con el autor Humberto Gutiérrez Pulido, en su libro publicado en 2009 sobre Control estadístico de calidad y seis sigmas, la imagen que se muestra a continuación nos ayudará a tomar una decisión sobre los resultados que obtuvimos al realizar los cálculos de índices de capacidad de proceso [13].

Tabla 2 Valores de Cp y su interpretación, fuente de H. Gutierrez Pulido, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma.

TABLA 5.1 Valores del C_p y su interpretación.		
VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Resultados: podemos observar que en nuestros resultados el índice de capacidad CP el valor es de **0.786**, si buscamos ese valor en la primera columna de la tabla 6 podemos verificar que nuestro valor obtenido está en la categoría 3, es decir, el proceso no es adecuado para el trabajo, se requiere un análisis del proceso, es posible que se requiera alguna modificación de Lean Manufacturing y control estadístico para poder mejorar la categoría.

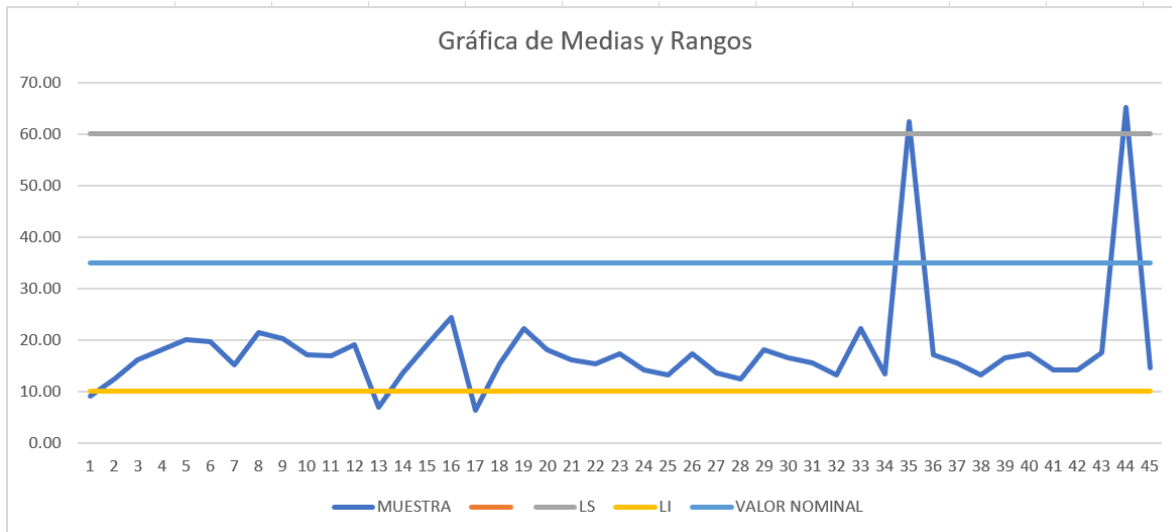


Figura 26 Gráfica de medias y rangos de los valores recolectados, fuente propia.

Se puede observar en figura 26 de manera gráfica los valores obtenidos en la línea de producción de HOMM, de manera general podemos apreciar que los valores tienden a estar por debajo del valor nominal de la ventana de disparo de estos interruptores termomagnéticos de 100A.

Análisis de índices de capacidad de proceso para la línea de QO3P

En la línea de producción de QO3P se producen interruptores termomagnéticos de 15A., 20A., y 30A., sin embargo, siempre en las estaciones finales existe retrabajo de 2 lotes de producción por turno, que asciende aproximadamente a 90 interruptores, debido a que los interruptores no disparan dentro de la ventana de tiempo establecidos por el sistema. El cliente requiere conocer la Capacidad de Proceso de estos interruptores termomagnéticos de 30A., se sabe que la ventana de disparo es de 0 a 5 minutos. Su media y desviación estándar están dadas por: $\mu=3.33$ y $\sigma=1.70$.

Datos:

Tabla 3 Valores de índice de capacidad de proceso.

Tolerancia= 2.5±2.5	LSE= 5	Cpi= 0.652
μ=3.33	LIE= 0	Cps= 0.327
σ=1.70	CP= 490	Cpk= 0.327

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{5 - 0}{6(1.70)} = 0.490$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{3.33 - 0}{3(1.70)} = 0.652$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{5 - 3.33}{3(1.70)} = 0.327$$

Resultados: podemos observar que en nuestros resultados el índice de capacidad CP el valor es de **0.490**, si buscamos ese valor en la primera columna de la tabla podemos verificar que nuestro valor obtenido está en la categoría 4, es decir, el proceso no es adecuado para el trabajo, se requiere un análisis del proceso, es necesario modificaciones serias de Lean Manufacturing y control estadístico para poder mejorar el proceso.

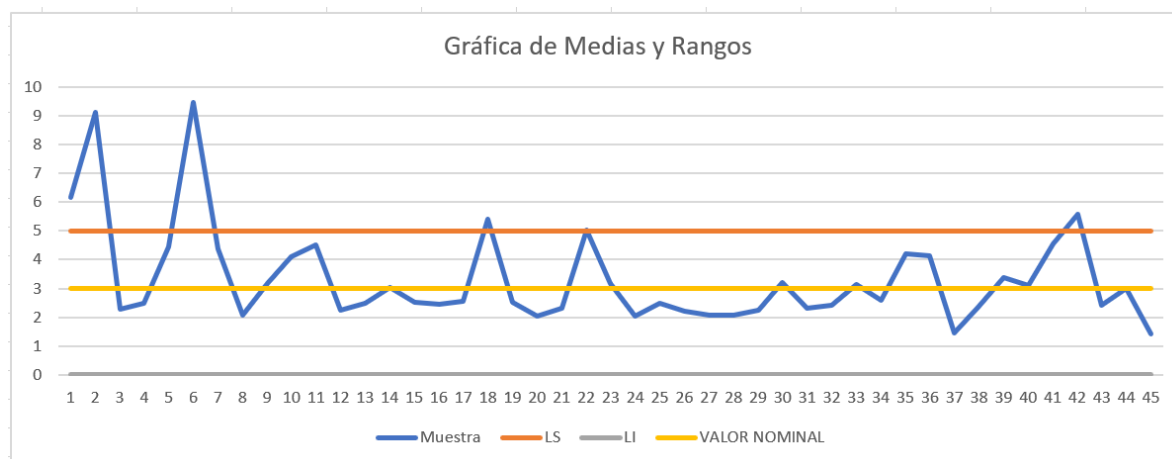


Figura 27 Gráfica de Medias y Rangos de la información recolectada en la línea de QO3P, fuente propia.

Se observa en la figura 27 de forma gráfica los datos obtenidos de las muestras de ventanas de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO3P, que los valores no están centrados, es decir, los valores no tienden a estar en el valor nominal de 3 minutos. Los datos están por lo general por arriba de valor nominal lo cual nos indica que se requieren modificaciones al proceso para tener un mejor control y reducir los retrabajos.

Análisis de índices de capacidad de proceso para la línea de HOMB

En la línea de producción de HOMB se producen interruptores termomagnéticos de 15A., 20A., 25A., y 30A., sin embargo, siempre en las estaciones finales existe retrabajo de 4 lotes de producción por turno, que asciende aproximadamente a 240 interruptores, debido a que los interruptores no disparan dentro de la venta de tiempo establecidos por el sistema. El cliente requiere conocer la Capacidad de Proceso de estos interruptores termomagnéticos de 20A., se sabe que la ventana de disparo es de 1 a 5 minutos. Su media y desviación estándar están dadas por: $\mu=3.25$ y $\sigma=1.18$.

Datos:

Tabla 4 Valores de los índices de capacidad de proceso.

Tolerancia= 3±2	LSE= 5	Cpi= 0.635
$\mu=3.25$	LIE= 1	Cps= 0.494
$\sigma=1.18$	CP= 0.564	Cpk= 0.494

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{5 - 1}{6(1.18)} = 0.564$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{3.25 - 1}{3(1.18)} = 0.635$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{5 - 3.25}{3(1.18)} = 0.494$$

Resultados: podemos observar que en nuestros resultados el índice de capacidad CP el valor es de **0.564**, si buscamos ese valor en la primera columna de la tabla podemos verificar que nuestro valor obtenido está en la categoría 4, es decir, el proceso no es adecuado para el trabajo, se requiere un análisis del proceso, es necesario modificaciones serias de Lean Manufacturing y control estadístico para poder mejorar el proceso.

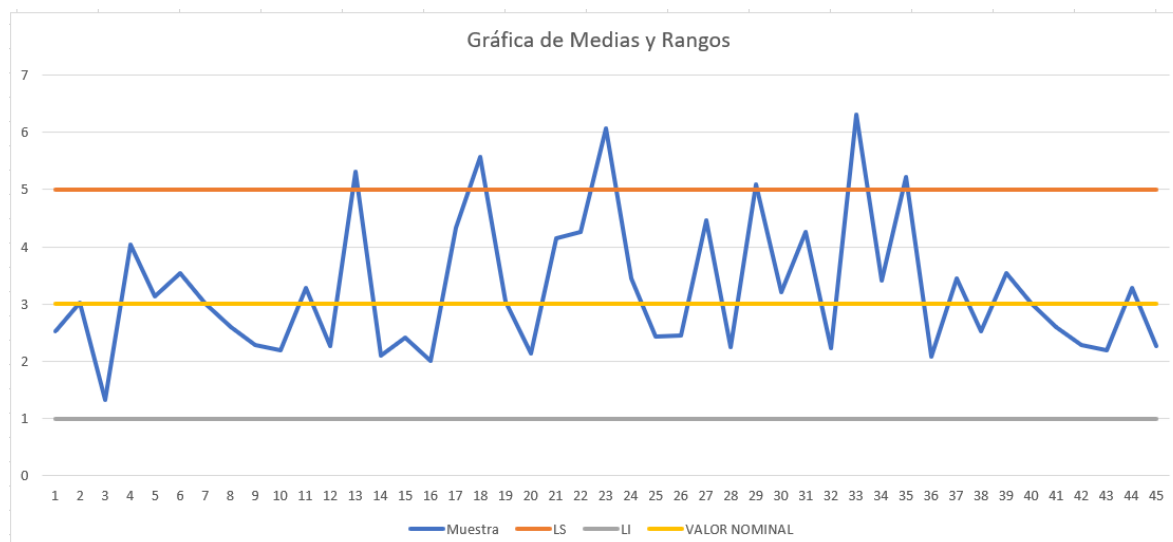


Figura 28 Gráfica de Medias y Rangos de los datos recolectados en la línea de HOMB, fuente propia.

Se puede observar en la figura 28 de manera gráfica los valores obtenidos en la línea de producción de HOMB, de manera general podemos apreciar que los valores tienden a estar por encima del valor nominal de la ventana de disparo de estos interruptores termomagnéticos de 20A. De acuerdo con los cálculos de capacidad de proceso se requieren modificaciones inmediatas de tal manera que se pueda controlar el proceso de manera adecuada.

Análisis de índices de capacidad de proceso para la línea de QO2P

En la línea de producción de QO2P se producen interruptores termomagnéticos de 15A., 20A., 25A., y 30A., sin embargo, siempre en las estaciones finales existe retrabajo de 4 lotes de producción por turno, que asciende aproximadamente a 240 interruptores, debido a que los interruptores no disparan dentro de la venta de tiempo establecidos por el sistema. El cliente requiere conocer la Capacidad de

Proceso de estos interruptores termomagnéticos de 20A., se sabe que la ventana de disparo es de 1 a 15 minutos. Su media y desviación estándar están dadas por: $\mu = 4.21$ y $\sigma = 4.16$.

Datos:

Tabla 5 Valores de los índices de capacidad de proceso.

Tolerancia= 8 ± 7	LSE= 15	Cpi= 0.257
$\mu=4.21$	LIE= 1	Cps= 0.864
$\sigma=4.16$	CP= 0.560	Cpk= 0.257

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{15 - 1}{6(4.16)} = \mathbf{0.560}$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{4.21 - 1}{3(4.16)} = \mathbf{0.257}$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{15 - 4.21}{3(4.16)} = \mathbf{0.864}$$

Resultados: podemos observar que en nuestros resultados el índice de capacidad CP el valor es de **0.560**, si buscamos ese valor en la primera columna de la tabla podemos verificar que nuestro valor obtenido está en la categoría 4, es decir, el proceso no es adecuado para el trabajo, se requiere un análisis del proceso, es necesario modificaciones serias de Lean Manufacturing y control estadístico para poder mejorar el proceso.

Se puede observar en la figura 29 de manera gráfica los valores obtenidos en la línea de producción de QO2P, de manera general podemos apreciar que los valores tienden a estar separados del valor nominal de la ventana de disparo de estos interruptores termomagnéticos de 20A. De acuerdo con los cálculos de capacidad

de proceso se requieren modificaciones inmediatas de tal manera que se pueda controlar el proceso de manera adecuada.

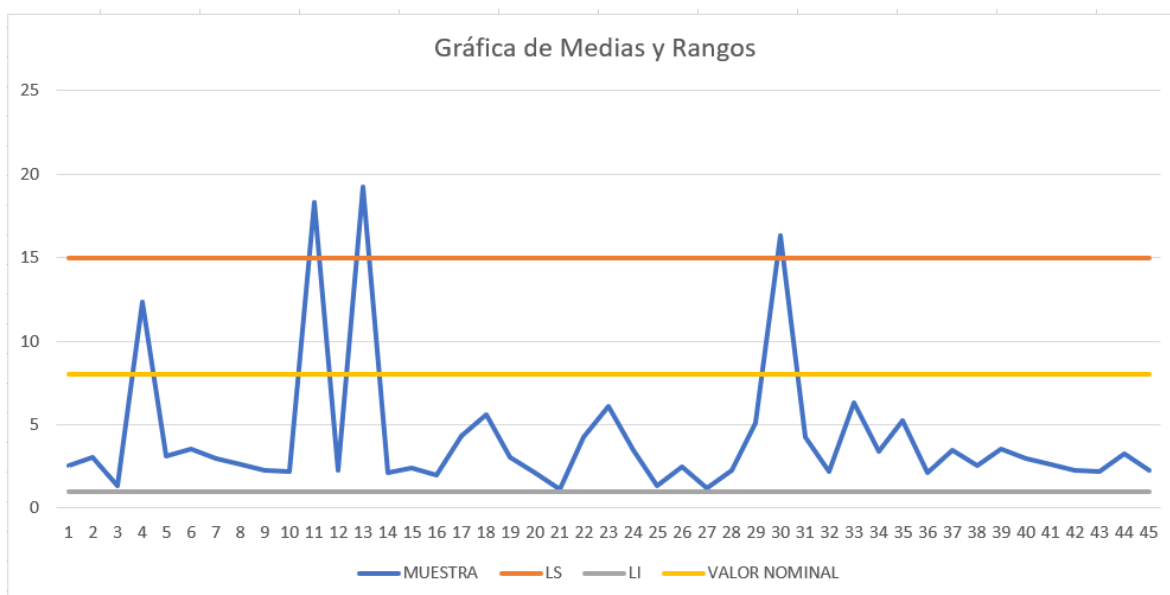


Figura 29 Gráfica de Medias y Rangos de la línea de QO2P, fuente propia.

Actualización de hojas de operación estándar e implementación de manuales para el ajuste de las máquinas calibradoras.

Ahora que se ha hecho un análisis estadístico de los índices de capacidad de proceso de las líneas de producción de HOMB, QO2P, QO3P y HOMM al tomar los datos recolectados en cada estación de trabajo del ensamble realizado, se puede apreciar que en las estaciones de empaque y en las máquinas de calibración las hojas de operación estándar están incompletas puesto que el mayor retrabajo de estas líneas de producción son por piezas faltantes en las diferentes estaciones por ello la empresa introduce en las estaciones más críticas a una persona en cargada de revisar pieza por pieza que cumpla con los requerimientos de ensamble, sin embargo esto crea mayores tiempos de ensamble y muchas veces cuellos de botella dependiendo de los ensambles que se realicen.

Schneider Electric, ya tiene establecido un formato de hojas de operación estándar denominadas JBS (**JOB BREAKDOWN SHEET**) que por sus siglas en ingles significan hojas de desglose de trabajo, donde viene de manera clara explicado paso por paso como se realizan los ensambles en cada estación de trabajo, sin embargo, es responsabilidad de cada planta implementarla de acuerdo con las necesidades del proceso y de las herramientas con las que cuenta cada una.

La hoja de operación estándar es crucial en este tipo de procesos industriales ya que esta herramienta de manufactura esbelta nos menciona lo siguiente: ¿Cómo? se va a realizar, el ¿Por qué se va a realizar ?, el ¿Cuándo se realizará?, de manera clara, y así el operador realice el ensamble de manera clara cumpliendo con todos los requerimientos del proceso, de calidad, y seguridad con la finalidad de cumplir con las expectativas del cliente.

Para poder llevar acabo de manera satisfactoria esta actividad se realizó una recolección de información al personal operativo que lleva tiempo laborando en estas líneas de producción, cómo es el proceso que ellos realizan, se plasma en las hojas de operación estándar y finalmente el departamento de Manufactura-Métodos y Mejora Continua, Seguridad y Calidad confirman que todo este conforme a los requerimientos de cada departamento, posteriormente se sellan las hojas con la finalidad de validar esta información ya que ante cualquier problema que se generará durante el ensamble serian responsables los ingenieros que validaron esta información. Por ejemplo, en este proyecto se realizó de la estación de empaque de las líneas de producción de los interruptores termomagnéticos, así como de un nuevo manual para el ajuste de las maquinas calibradoras denominada "ficha de maquina".

Se observa en la figura 30 que para las hojas de operación estándar es importante plasmar los materiales de entrada, así como los equipos a utilizar para realizar esa actividad en la estación de empaque.

Job Breakdown Sheet				
Detalles del Documento				
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Empaque.				OPERACIÓN: 10
CATÁLOGO: Q0360, Q0330, Q0320, Q0315, Q08360, Q08330, Q08320, Q08315.				
EDITADO POR: Silvia Calderón	VALIDADO POR: Marina Villanueva, Silvia Calderón, Williams Hernández	APROBADO POR: Marina Villanueva, Silvia Calderón, Hector Higuera	EFFECTIVO A PARTIR DE: Noviembre 2024	
NÚMERO DE DOC: JBS07Q03P10	REVISIÓN: 5	PÁGINA: 19		

ENTRADA DE MATERIALES				
 1 Q0330, Q0320, Q0315	 48118-083-02 Barra	 48040-102-02 Series Label	 48040-275-77 Manifest Label	 48045-031-05 Caja
 48045-225-01 Charola	 1 29512-14670 75x70 Packing label Ver anexo 1 para conocer configuración por catálogo.	 1 48042-150-99 Tray Pack	 1 48045-022-02 PACKING RING	 48045-036-08 Caja
 Cantidad: Q08330, Q08320, Q08315 Número de parte:	 48040-275-78 Manifest Label		 1 Q0360	

Símbolos				
SÍMBOLOS DEL PROCESO		INSPECCIÓN VISUAL		INSPECCIÓN CRÍTICA DE CALIDAD S&R
		CANTIDAD WIP		INSPECCIÓN CRÍTICA DE CALIDAD
SÍMBOLOS DE SEGURIDAD		Punto de atrapamiento		Riesgo ergonómico
	EPP REQUERIDO			
    Ver matriz de EPP				SÍMBOLOS DE CALIDAD  ACEPTADO  RECHAZADO

Lista de Equipo						
 Etiquetadora	 Etiquetadora	 Engranajes	 Aceite de cacahuate	 Trapo	 Dispensador de cinta	 Dispensadora de etiquetas
 Ilustración:	 Ilustración:	 Ilustración:				

Figura 30 Portada del JBS de la estación de empaque, fuente de Schneider Electric.

Colocar barra de disparo.	Revisar que el breaker venga con la información de los tiempos de disparo para breakers con proceso de calibración manual y el punto de presión para breakers con proceso de calibración por análogo. Tomar barra de disparo y colocarla en el orificio superior del breaker.Ver imagen 2 En caso de que la barra no ingrese en el breaker realizar solo 1 palanqueo. Ver Imagen 3 La barra de disparo debe de atravesar por los 3 polos y quedar al ras del breaker.Ver imagen 4.	   	Para unir los tres polos en el disparo común.	 	Inspección crítica de calidad. Asegurar el ensamble de la barra de disparo para que en caso de un trip común el breaker pierda continuidad en sus tres fases. El ensamble de la barra de disparo no debe forzarse, cambie la orientación de la barra si con el palanqueo del breaker no fue suficiente.
Colocación de etiqueta lateral.	Tomar etiqueta series label, esta deberá ser colocada sobre la barra de disparo anteriormente colocada, logrando que no sea visible.	 	Para ocultar la barra de disparo, llevar un control y dar información del breaker.	 	Riesgo Ergonómico por movimientos repetitivos. Realice rotación y ejercicios ergonómicos. Asegurar la colocación de la etiqueta para que no pueda ser removida o se salga la barra de disparo.

Figura 31 Identificación de etiquetas UL, fuente de Schneider Electric.

Se ha introducido una nueva indicación de colocar la barra de disparo adecuadamente, ya que era un tema mayor en las estaciones de retrabajo puesto que al llegar a esas estaciones no contenía esta barra.

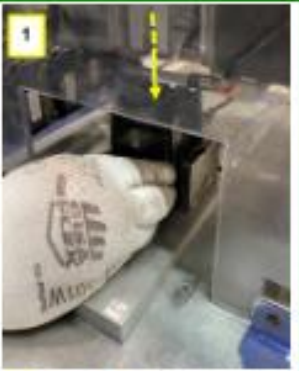
Colocación de etiqueta lateral.		Tomar etiqueta series label, esta deberá ser colocada sobre la barra de disparo anteriormente colocada, logrando que no sea visible.	 	Para ocultar la barra de disparo, llevar un control y dar información del breaker.	 	Riesgo Ergonómico por movimientos repetitivos. Realice rotación y ejercicios ergonómicos. Asegurar la colocación de la etiqueta para que no pueda ser removida o se salga la barra de disparo.
Colocación de grasa y etiquetas de calibración.		Tomar breaker e introducirlo a la máquina etiquetadora, el breaker deberá ser colocado de forma vertical. Ver: Imagen 1. Una vez que termine el etiquetado tomar el breaker y colocar el breaker en el fixture para grasa, una vez que el breaker se encuentre con grasa retirarlo. Ver: Imagen 2.	 	Para engrasar las quijadas y colocar las etiquetas correspondientes al tornillo de calibración.	    	Riesgo de atrapamiento con etiquetadora mantenga las manos alejadas de punto de operación. Riesgo Ergonómico por movimientos repetitivos. Realice rotación y ejercicios ergonómicos. Inspección crítico de calidad Asegurar que se colocó la barra de disparo ya que si esta no se coloca la máquina no va a etiquetar ni colocar grasa. Engrasado a 70 PSI.

Figura 32 Colocación de grasa en máquina, fuente de Schneider Electric.

Posteriormente se anexo los pasos de realizar la correcta colocación de la etiqueta UL, ya que muchas veces esta era colocada en un lugar incorrecto, así como la posición adecuada para la colocación de grasa en las quijadas.

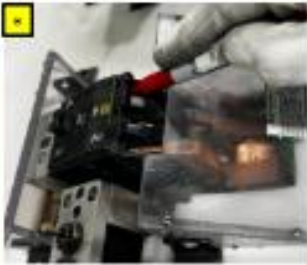
Identificar el producto terminado de acuerdo a su calibración manual	a) Identificar con plumón rojo los breakers que salgan OK únicamente los breakers que salgan de calibración manual. b) La identificación será en el tornillo verde de calibración, se tendrán que marcar los 3 tornillos con plumón rojo.	 	Para tener el rastreo de los breakers que salgan de la calibración manual y aplica para todos los catálogos.		
Identificar cajas de acuerdo a su calibración realizada	azul, como se muestra en las imágenes, en una esquina superior de la caja con las siglas: A: para calibración en máquina análoga. M: para calibración manual. Nota: verificar que no se mezclen la calibración manual y náloga desde las cajas pequeñas de	 	Tener un control en las cajas empacquetadas de acuerdo a su calibración.		

Figura 33 Verificación de método de calibración, manual o por máquina, fuente de Schneider Electric.

Cuando el interruptor termomagnético no dispara dentro de las ventana adecuada se debe de verificar el tipo de calibración que recibió en las estaciones de trabajo, sin embargo, no se tenía un control si era por una maquina llamada análoga o por calibración manual y muchas veces esto representaba doble retrabajo ya que no se podía identificar de donde provenía el error, así que se indicó en las hojas de operación estándar seguir las indicaciones de tal manera que se identificara el lugar de procedencia de la calibración del interruptor termomagnético.

Amar caja.		Tomar caja pequeña de empaque, este estará doblado por lo que se tendrá que realizar su armado y deberá verse como muestra la imagen. En caso de empaquetar QCB3 utilizar la caja (48845-036-08).		Para colocar el breaker en su interior.	   	Empaque vacío a 50 PSI. Inspección crítica de calidad. Asegurar el correcto armado de la caja para evitar algún daño al producto terminado. Riesgo Ergonómico por movimientos repetitivos. Realice rotación y ejercicios ergonómicos.
Introducir breaker en caja pequeña.		Tomar 3 breakers e introducirlos en el interior de la caja como se muestra en la imagen 2. Importante: Asegurarse que la palanca de los breaker se encuentre en OFF.		Para proteger el breaker.		
Colocar anillo de cartón.		En cada breaker colocar un anillo de cartón sobre la manija de cada breaker como muestra la imagen.		Para evitar que la manija cambie de posición.	 	Asegurar la correcta colocación del ring de cartón para evitar que se dañe el breaker. Asistencia a 35 PSI.

Figura 34 Adecuado empaque del breaker, fuente de Schneider Electric.

Se puede observar en la figura 31 se anexo las indicaciones de empaque, es decir, la configuración de acuerdo al amperaje solicitado, así como la caja de cartón correcta y la colocación del anillo de cartón a la manija de cada interruptor termomagnético con la finalidad del salvaguardar el producto y llegue en óptimas condiciones la cliente final.

Etiquetar caja pequeña.	Tomar las solapas laterales y doblarlas. Posteriormente tomar la solapa mas grande y realizar un doblado. A continuación cerrar la caja doblando la pestaña de la solapa grande. Finalmente Tomar una etiqueta zebra jalándola y despegándola. Pegar la etiqueta en el cara sin impresion de la caja. Colocar solo 1 etiqueta por caja. Importante: La etiqueta cambia dependiendo el modelo del breaker, ver ANEXO 1 y ANEXO 2 para conocer la configuración correcta.	 	Para cerrar la caja e identificar al breaker y sus características.	   	Riesgo Ergonómico por movimientos repetitivos. Realice rotación y ejercicios ergonómicos. Inspección crítica de calidad S&R Asegurar que los caracteres de la etiqueta y código de barras son legibles y que la información en la etiqueta es correcta (catálogo, código de fecha, lugar de manufactura, etc.) Etiquetado a 75 PSI.
Colocar cajas en empaque tray pack.	Tomar y jalar caja de rack y posteriormente armarla. Colocar caja en mesa de empaque y tomar las cajas con sus respectivos breakers en su interior apoyándose las cajas al cuerpo. Finalmente colocarlas en la caja, una vez completa colocar la etiqueta "tray pack". Ver anexo 3. Importante: Para realizar correctamente el empaque es necesario colocar 9 cajas de empaque con 3 breaker en cada una de ellas.			 	Riesgo ergonómico por manipulación manual de materiales, realice ejercicios ergonómicos y rote. Asegurar el correcto acomodo de las cajas para evitar que se muevan y dañen durante el transporte.

Figura 35 Indicación final de la hoja de operación estándar de la estación de empaque, fuente de Schneider Electric.

Posteriormente se crea un manual llamado “ficha de maquina” para las líneas de producción antes mencionadas, con ayuda del personal que operan estas máquinas llamados ajustadores, en conjunto con los diagramas eléctricos y de válvulas electro neumáticas se crea este documento que ayuda al personal a identificar de una mejor manera todos los criterios a evaluar cuando esta máquina sufre alguna descompostura así como validar los parámetros de calibración del interruptor termomagnético de tal manera que ayuden a estos elementos que sean calibrados dentro de la ventana de disparo ya establecidos por el sistema.

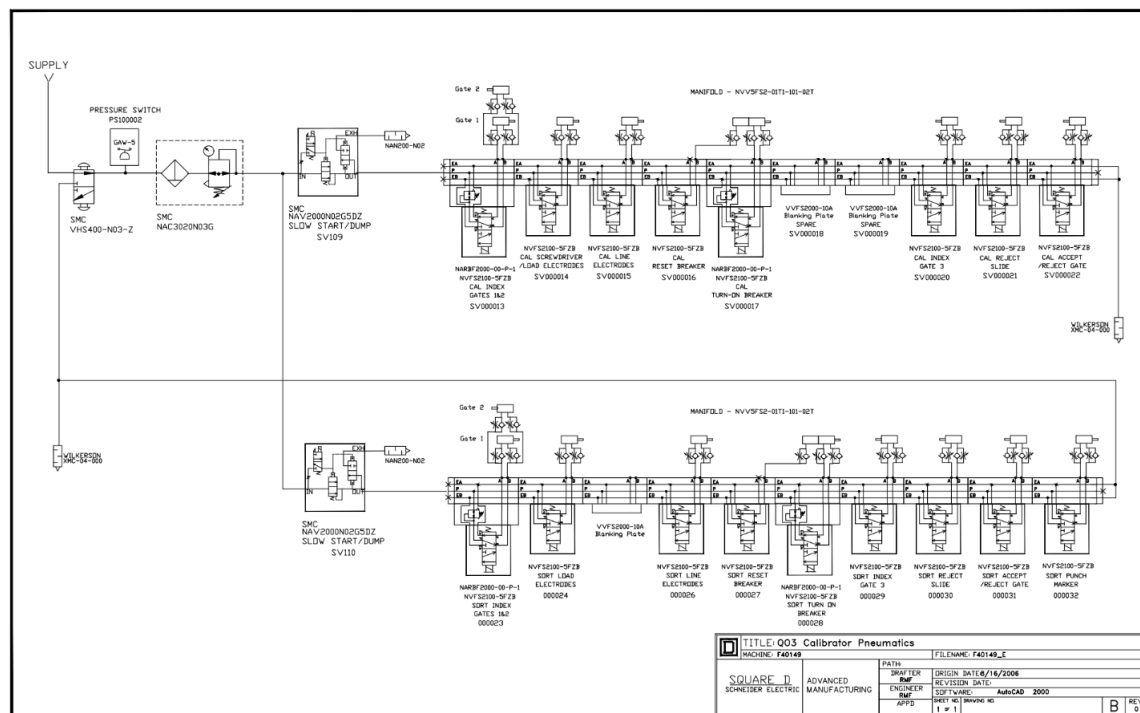


Figura 36 Diagrama de electroválvulas neumáticas de la maquina análoga, fuente de Schneider Electric.

Se observa en la Figura 36 el diagrama de conexiones de la máquina, la cual ayuda a realizar esta ficha de máquina ya que aquí se encuentran algunos actuadores como lo son los pistones, que hacen la función de poder ingresar un electrodo a las quijadas del interruptor termomagnético facilitando la circulación de electricidad para la calibración, aquí es donde muchas de las veces los parámetros de la máquina no son configurados a tiempo y por ello generan interruptores fuera de especificación es decir no están disparando dentro de la ventana de tiempo ya establecido, así que en las siguientes imágenes se podrá observar paso a paso

como ahora se pueden configurar estos parámetros de tal modo que se reduzca el material fuera de especificaciones.

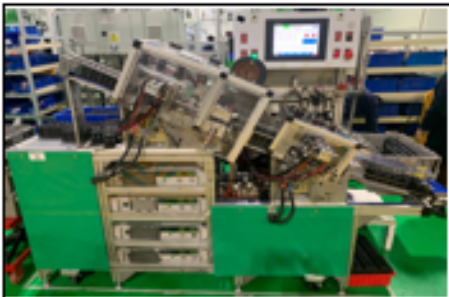


SELLO Y FECHA DE REVISIÓN:

FICHA DE MÁQUINA	Código FM07HOMB02	Página 1 DE 8
-------------------------	----------------------	------------------

Ensamble: HOM215U, HOM220U, HOM225U, HOM230U

ANTES DE INICIAR OPERACIONES VERIFICAR:



Mecánica	H-	Manga
Eléctrolado terminal de línea	PPI-48SHT113	
Parla eléctrolado terminal de línea	PPI-AG10133	
Llave allen 5/32		
Llave allen 3/32		
Terminal de carga		
Eléctrolado terminal de carga	PPI-48SHT113	Primario
Parla eléctrolado terminal de carga	AG-10023-C	Primario
Parla de sujeción	XPR 7.5-388	Xalora

Recomendaciones

1. Verificar que los dispositivos de seguridad (guardas y pino de emergencia) funcionen correctamente.)
2. Verificar que las conexiones eléctricas estén en buen estado así como las de aire no presenten fugas.
3. Asegurar de mantener limpia la máquina durante el proceso y después de la operación.
4. Verificar que los cables de corriente no se encuentren rotos, astillados o pelados.
5. Verificar que la prueba de sort sea polo a polo.

Page 1



Variable	Valor	Unidades	Ensamble
1 T-Gap	.035 - .067	Pulgada	00215, 00228, 00225,
2 Setup point	.180 - .230	Pulgada	00238

11H012D

Figura 37 Ficha de máquina de la análoga, fuente de Schneider Electric.

FICHA DE MÁQUINA

Código

FM07HOMB02

Página

2 DE 8

Máquina

Ansloq para prueba de calibración y sort de
HOMB

Número de la máquina

ECH081-ECH085

Número de Diagramas

Reglas de seguridad



1.- Verificar que las guardas estén en buen estado, no deben de presentar falta de tornillería, grietas o estar mal colocadas.



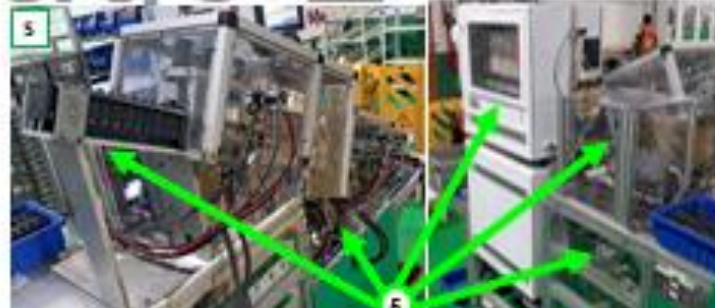
2.- Verificar que las conexiones eléctricas estén en buen estado, así como las de aire que no presenten fugas.



3.- Verificar que el paro de emergencia funcione adecuadamente.



4.- Verificar que las zapatas no presenten polvo y sarro.



5.- Verificar y limpiar la estructura de la máquina como lo son las guardas de seguridad y fixtures además de que tengan la tornillería completa. Limpieza de las mangueras, cables y sus conectores JFG. Finalmente verificar que el tablero eléctrico este cerrado completamente asegurando de que ningún objeto obstaculice el área de trabajo.



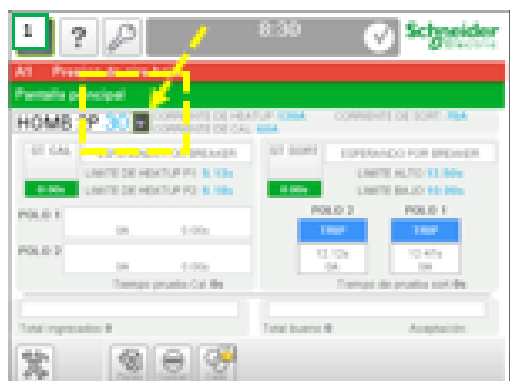
6.- Hacer uso en todo momento de los guantes anticorte Hyflex 11-510 y lentes de seguridad.

Figura 38 Instrucciones de validación antes de operar la máquina, fuente de Schneider Electric.

FICHA DE MÁQUINA		Código FM07HOMB02	Página 3 DE 8
Máquina	Análogo para proceso de calibración y sort de HOMB	Número de la Máquina ECH001-ECH005	Número de Disposición

Introducción de operación

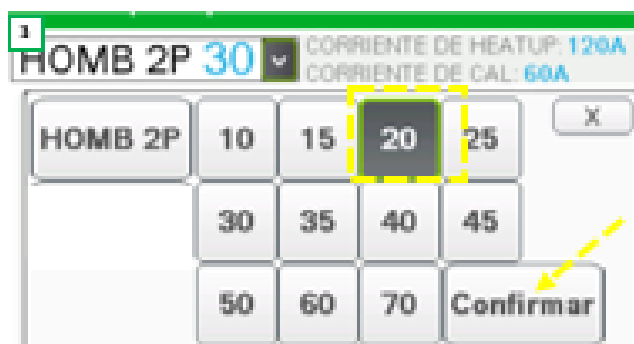
Cambio de catálogo



1.- Visualizar la pantalla principal de la analoga, y presionar el icono que se muestra en la imagen.



2.- Se desplegará un menu donde se podrá seleccionar el catálogo que se requiere trabajar.



3.- Seleccionar el amperaje con el cual se trabajará y finalmente presionar en "Confirmar".

Figura 39 Cambio de catálogo en la máquina, fuente de Schneider Electric.

FICHA DE MÁQUINA	Código FM07HOMB02	Página 4 DE 8
-------------------------	-----------------------------	-------------------------

Máquina	Andalga para prueba de calibración y sort de HOMB	Número de la máquina ECH081-ECH086	Número de Diagnóstico
----------------	--	--	------------------------------

Ajustar de máquina

Ajustar del sistema de calibración



1.- Electrodo en buen estado y alineado.



2.- Punta en buen estado y alineado.



3.- Flecha, coque y base de las puntas alineado y sin presentar contratiempos (rotación no).

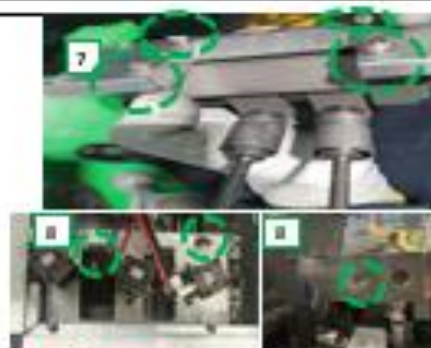


4.- Verificar que las zapatas se encuentren limpias (libres de polvo y barro).



5.- Verificar que las clemas se encuentren apretadas.

6.- Validar los valores del capacitor.



7.- Validar apriete de tornillería y que no se encuentre oxidada en campo de calibración.

8.- Validar apriete de tornillería y que no se encuentre oxidada en carro de sort.

9.- Validar apriete de tornillería y que no se encuentre oxidada soporte de puntas de validación de cronobar.

IIH1129

Figura 40 Validación de distancia de electrodos en la máquina, fuente de Schneider Electric.

Condiciones adecuadas de máquina



1.- Validar que la presión de aire en control de cal y cort se encuentre entre 6 bares.



2.- Validar la condición de los cables (no deben presentar corrosión, ruptura, recortes, pelados) y/o se encuentren atornillados.



3.- Verificar que los electrodos no presenten desgaste excesivo en la punta y se encuentren de filar.



4.- Verificar el resque de los electrodos de terminal de carga.



5.- Verificar la distancia entre el electrodo y la quijada para la adecuación como se muestra en la imagen (el electrodo no debe empujar al terminal o que solo toque el electrodo una parte de la quijada).

Figura 41 Validación de porta electrodos y presión neumática, fuente de Schneider Electric.

Cambio de herramienta y parámetros



1.- Retirar la guarda de protección para cambiar el electrodo.



2.- Con una llave allen de 1/16" aflojar los tornillos de la guarda.



3.- Con una llave allen de 1/16" retirar los electrodos al ser de acuerdo a la imagen y proceder a colocar los nuevos.



4.- Retirar los guardas de seguridad para retirar los cables.



5.- Con una llave allen de 1/16" retirar el opresor para poder cambiar el cable.



1.- Posicionar el icono de parámetros.



2.- Seleccionar MCH19 y el modelo a configurar, posteriormente se abrirá la pantalla de configuración.

3.- En caso de que ambos pulsos estén pesados, bajar el fustap del polo que este mal, en caso contrario si es ligero se tendrá que subir el fustap.

Figura 42 Cambio de herramienta y configuración de parámetros de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos, fuente de Schneider Electric..

FICHA DE MÁQUINA		Código FMR?HOMD2	Página IDE 1
Máquina Aislac. HOMD		Número de la máquina ECH001-ECH005 Número de Dispositivos	

ECH001 ECH002 ECH003 ECH004 ECH005

LIMITES DE CALIBRACION Y CHECK TEST PARA INTERRUPTORES DE PROTECCION

Modelo	Tiempo Rapido Cal (ms)		Mean Up		Prueba de fuerza (Analogica)		Prueba 100% Check Test		Cable	Problema
	Limites (s)	Imp	Tiempo (s)	Imp	Limites (s)	Imp	Limites (s)	Imp		
ECH001	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	0.0 - 10.00	20.0	14	No
ECH002	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH003	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH004	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	0.0 - 10.00	20.0	14	No
ECH005	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH006	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH007	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH008	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH009	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH010	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH011	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH012	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH013	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH014	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH015	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH016	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH017	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH018	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH019	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH020	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH021	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH022	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH023	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH024	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH025	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH026	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH027	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH028	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH029	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH030	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH031	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH032	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH033	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH034	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH035	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH036	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH037	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH038	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH039	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH040	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH041	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH042	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH043	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH044	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH045	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH046	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH047	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH048	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH049	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH050	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH051	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH052	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH053	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH054	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH055	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH056	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH057	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH058	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH059	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH060	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH061	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH062	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH063	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH064	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH065	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH066	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH067	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH068	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH069	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH070	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH071	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH072	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH073	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH074	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH075	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH076	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH077	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH078	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH079	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH080	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH081	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH082	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH083	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH084	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH085	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH086	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH087	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH088	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH089	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH090	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH091	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH092	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH093	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH094	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH095	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH096	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH097	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH098	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH099	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No
ECH100	15.0 - 25.0	80	0.0 ± 0.3	80	0.0 - 7.0	40	1.00 - 10.00	20.0	14	No

Botón de paro de emergencia

La función de este dispositivo es parar la máquina lo más rápido posible presionando el botón rojo.

Sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes.

11M120

Figura 43 Ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos en todas sus configuraciones, fuente de Schneider Electric.

cualquier falla general o valores de los parámetros establecidos pueden ser verificados en este documento.

Finalmente se crea una ficha de máquina para un sistema de Poka Yoke, antes de la estación de remachado, este sistema es llamado cámara de visión que como su nombre lo indica, visualiza todos los componentes internos del interruptor termomagnético, a continuación, se podrá verificar cómo funciona este elemento.

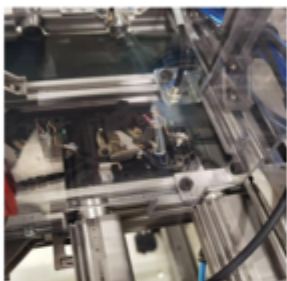
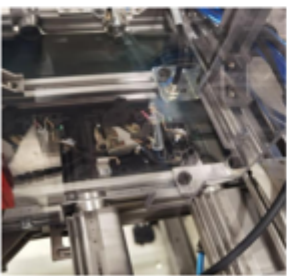
		SELLO Y FECHA DE REVISIÓN: Revisión #1	
FICHA DE MÁQUINA		Código FM07HOMB01	Página 1 de 6
Máquina Sistema de Visión		Número de la Máquina COH001/COH002/COH003 Número de Dispositivo SM	
RECOMENDACIONES Y SEGURIDAD DURANTE AJUSTE			
Ajustes de Máquina		Ensamble : Breakers HOMB	
	1.- En caso de atoramiento de breaker en pistones 2.- Activar paro de emergencia 3.- Abrir la guarda / puerta 4.- Retirar base atorada 5.- Verificar que la fibra se encuentre calibrada. (led en color naranja detectando base o si no hay base y el led se encuentra en color naranja ajustar la fibra) 6.- En caso que el led se encuentre en rojo calibrar la fibra (Ver imagen 1)		
Ajuste de fibra			
	1.- Presionar el botón de reset x 3 seg hasta que el led calar naranja este parpadeando (ver imagen 2) 2.- Calcar base 3.- Presionar el botón de reset x 3 seg hasta que el led calar naranja deje de parpadear 4.- En caso de que el led permanezca en rojo volver a ajustar 5.- En caso de que se encuentre flaja apretar con una llave Nota: En caso de que las ajuste no sean satisfactorias verificar que la fibra no se encuentre flaja, rucia o rota		
IIM012B			

Figura 44 Ficha de máquina del sistema de cama de visión, fuente de Schneider Electric.

Máquina: Sistema de Visión

Número de la Máquina COH001/COH002/COH003
Número de Dispositivo SN

Ajustes de Sensores (Referencias fuera de posición)

PASO 1



1.- En caso de fallo en detección de componentes

PASO 2



Antes de abrir el IV2 navigator desactivar el antivirus.

- 1.- Dar clic en el icono seleccionado
- 2.- Dar clic en el Quick settings
- 3.- Dar clic en Disable Firewall Timed Groups

PASO 3



1.- Dar clic en conexión de red

IIM012B

Figura 45 parámetros del sensor de proximidad, fuente de Schneider Electric.



SELLO Y FECHA DE REVISIÓN:

Revisión

FICHA DE MÁQUINA	Código FM07HOMB01	Página 3 de 6
-------------------------	-----------------------------	-------------------------

Máquina: Sistema de Visión	Número de la Máquina: COM001/COM002/COM003 Número de Diagnóstico: SM
-----------------------------------	---

Ajuste de Sensores [Referencia fuera de posición]

PASO 4

- 1.- Dar Click en sensor
- 2.- Visualizar la ventana de carga del programa




PASO 5

- 1.- Verificar en el master que los pines de referencia se encuentren alineados
- 2.- Verificar que las referencias de los sensores se encuentren dentro del área de inspección




Figura 46 Parámetros de la cámara de visión, fuente de Schneider Electric.

Ajuste de Sensores [Referencia fuera de posición]

PASO 1

- 1.- En caso que el sistema no detecte ningún movimiento modificar el ajuste de posición
- 2.- Se recomienda dejar una referencia de posición el sensor de la navaja
- 3.- Eliminar el sensor y la unidad de la navaja con la llave



Ajuste de sensores de inserción

- 1.- En caso que el sistema no detecte la unión compuesta verificar el ajuste de sensores de inserción y verificar que el sensor este habilitado



Figura 47 Parámetros del ajuste de posición de la cuchilla, fuente de Schneider Electric.

FICHA DE MÁQUINA

Código
FM07HOMB01

Página
6 de 6

Máquina Sistema de Tiro

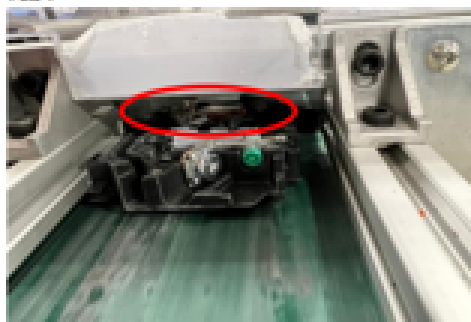
Número de la Máquina C000017C0000027C00003
Número de Disposición SM

Ajuste de límites

Ajustes de los límites

- 1.- En caso de alineamiento de los cables en plano de trabajo
- 2.- Botón para de emergencia
- 3.- Abrir la guarda / puerta
- 4.- Retirar base alterada
- 5.- Verificar la alineación de la plana
- 6.- Verificar que el tornillo de alineación no se mueva al ser barrido a flujo (en caso de moverse el tornillo en estos movimientos cambiar)
- 7.- En caso que el led no funcione en caja utilizar la fibra (Ver imagen 1, de la hoja)

Foto 1



Botón de paro de emergencia

La función de este dispositivo es parar la máquina la más rápida posible presionando el botón rojo

Símbolo para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas que operan el equipo, para evitar daños en la máquina o en los trabajos en curso y para minimizar los riesgos que existen



Botón de paro de Emergencia

Figura 48 Indicaciones antes y después de ajustar la máquina, fuente de Schneider Electric.

Validación de la documentación empleada en las líneas de producción.

Finalmente, de recabó información de las ventanas de disparo de las líneas de producción de QO3P, HOMB, QO2P y HOMM, con la finalidad de visualizar de manera grafica si la documentación actualizada ayudo de alguna manera a los índices de capacidad de proceso y se obtuvieron los siguientes resultados de cada línea de producción, comenzando por la línea de QO3P.

Muestra	LS	LI	VALOR NOMINAL	Muestra	LS	LI	VALOR NOMINAL
4.17	5	0	3	3.16	5	0	3
3.13	5	0	3	2.05	5	0	3
2.27	5	0	3	2.48	5	0	3
2.49	5	0	3	2.21	5	0	3
4.44	5	0	3	2.08	5	0	3
9.46	5	0	3	2.06	5	0	3
4.37	5	0	3	2.24	5	0	3
2.06	5	0	3	3.20	5	0	3
3.16	5	0	3	2.31	5	0	3
4.09	5	0	3	2.42	5	0	3
4.52	5	0	3	3.14	5	0	3
2.24	5	0	3	2.58	5	0	3
2.50	5	0	3	4.21	5	0	3
3.02	5	0	3	4.13	5	0	3
2.51	5	0	3	1.47	5	0	3
2.44	5	0	3	2.39	5	0	3
2.57	5	0	3	3.39	5	0	3
4.39	5	0	3	3.11	5	0	3
2.53	5	0	3	4.54	5	0	3
2.05	5	0	3	4.57	5	0	3
2.30	5	0	3	2.40	5	0	3
3.02	5	0	3	3.01	5	0	3
				1.41	5	0	3

Ilustración 49 Recolección de valores de disparo de los interruptores termomagnéticos, fuente de Schneider Electric.

Datos:

Tabla 6 Valores de índice de capacidad de proceso de la línea de QO3P.

Tolerancia= 2.5 ± 2.5	LSE= 5	Cpi= 0.781
$\mu=3.073$	LIE= 0	Cps= 0.490
$\sigma=1.31$	CP= 0.636	Cpk= 0.490

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

$$CP = \frac{5 - 0}{6(1.31)} = \mathbf{0.636}$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$Cpi = \frac{3.073 - 0}{3(1.31)} = \mathbf{0.781}$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

$$Cps = \frac{5 - 3.073}{3(1.31)} = \mathbf{0.490}$$

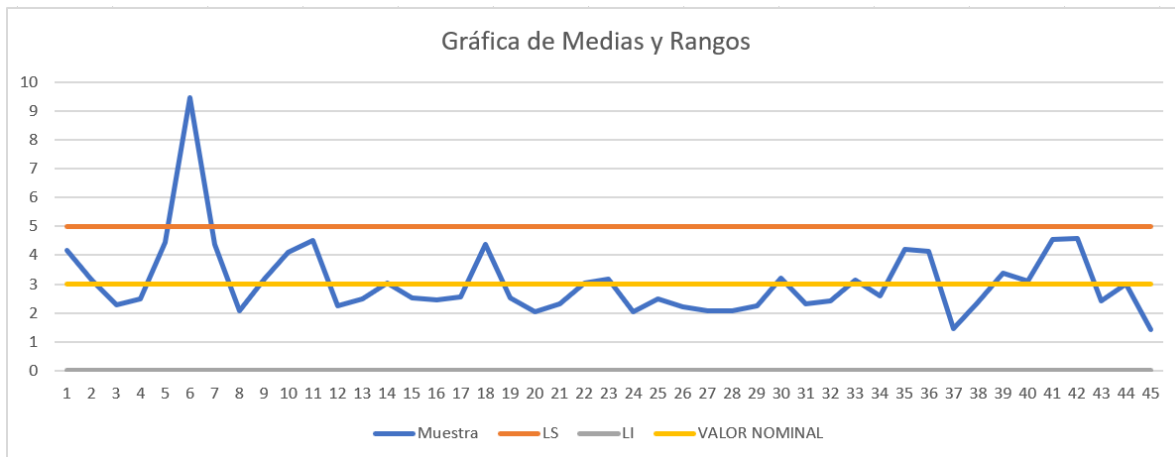


Ilustración 50 Gráfica de los valores de ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de QO3P, fuente propia.

Resultados: De acuerdo con la tabla 3, nuestro valor de CP es de 0.636, lo cual nos indica que es de categoría 4, sin embargo, podemos observar en la figura 50 que ahora los datos tienden a estar dentro del rango establecido los interruptores termomagnéticos de 30A.

Posteriormente para la línea de HOMB, se obtuvieron los siguientes resultados.

Muestra	LS	LI	VALOR NOMINAL	Muestra	LS	LI	VALOR NOMINAL
2.53	5	1	3	2.43	5	1	3
3.03	5	1	3	2.45	5	1	3
1.33	5	1	3	4.46	5	1	3
4.03	5	1	3	2.24	5	1	3
3.13	5	1	3	4.10	5	1	3
3.54	5	1	3	3.20	5	1	3
3.00	5	1	3	4.27	5	1	3
2.59	5	1	3	2.22	5	1	3
2.29	5	1	3	5.32	5	1	3
2.19	5	1	3	3.41	5	1	3
3.28	5	1	3	5.02	5	1	3
2.27	5	1	3	2.09	5	1	3
4.31	5	1	3	3.44	5	1	3
2.10	5	1	3	2.52	5	1	3
2.41	5	1	3	3.54	5	1	3
2.00	5	1	3	3.00	5	1	3
4.33	5	1	3	2.59	5	1	3
4.57	5	1	3	2.29	5	1	3
3.04	5	1	3	2.19	5	1	3
2.13	5	1	3	3.28	5	1	3
4.15	5	1	3	2.27	5	1	3
4.27	5	1	3				
5.08	5	1	3				
3.45	5	1	3				

Ilustración 51 Valores de la venta de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMB, fuente de Schneider Electric.

Datos:

Tabla 7 Valores de los índices de capacidad de proceso.

Tolerancia= 3±2	LSE= 5	Cpi= 0.735
μ=3.14	LIE= 1	Cps= 0.639
σ= 0.97	CP= 0.709	Cpk= 0.639

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

$$CP = \frac{5 - 1}{6(0.97)} = 0.709$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$Cpi = \frac{3.14 - 1}{3(0.97)} = 0.735$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

$$Cps = \frac{5 - 3.14}{3(0.97)} = 0.639$$

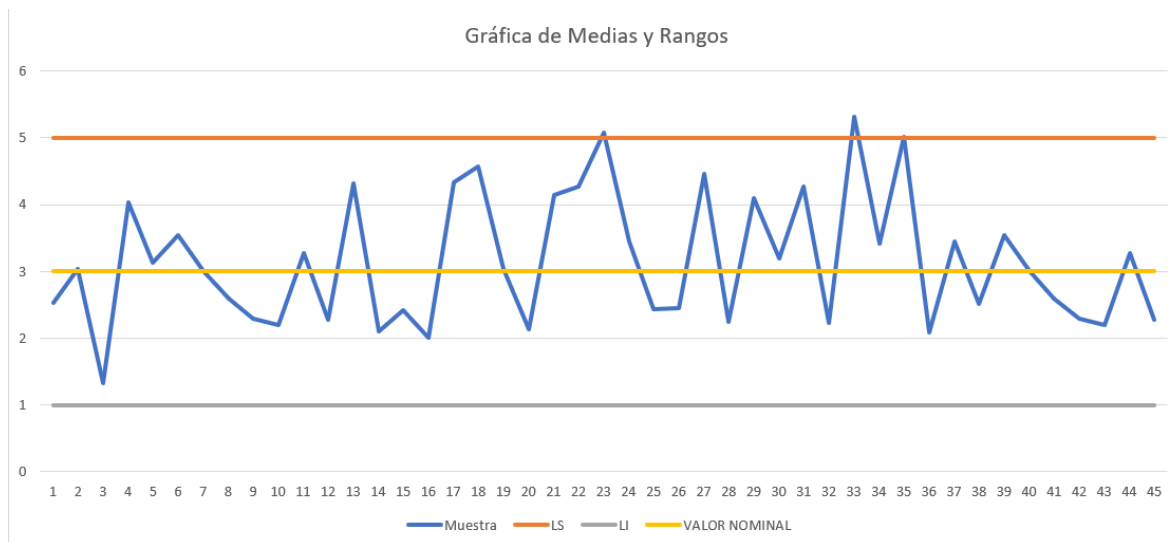


Ilustración 52 Gráfica de los valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMB, fuente propia.

Resultados: De acuerdo con la tabla 3, nuestro valor de CP es de 0.709, lo cual nos indica que tenemos un proceso de categoría 3, es decir, no es adecuado se requiere un análisis de proceso, se requiere modificaciones para alcanzar la calidad satisfactoria, sin embargo, podemos apreciar en la figura 52 que los valores tienen a estar por arriba del valor nominal pero ya no por fuera de este valor.

Posteriormente la línea de QO2P se obtuvieron los siguientes datos.

MUESTRA	LS	LI	VALOR NOMINAL	MUESTRA	LS	LI	VALOR NOMINAL
2.53	15	1	8	3.45	15	1	8
3.03	15	1	8	1.34	15	1	8
1.33	15	1	8	2.45	15	1	8
12.34	15	1	8	1.17	15	1	8
3.13	15	1	8	2.24	15	1	8
3.54	15	1	8	5.10	15	1	8
3.00	15	1	8	15.34	15	1	8
2.59	15	1	8	4.27	15	1	8
2.29	15	1	8	2.22	15	1	8
2.19	15	1	8	6.32	15	1	8
15.34	15	1	8	3.41	15	1	8
2.27	15	1	8	5.22	15	1	8
15.23	15	1	8	2.09	15	1	8
2.10	15	1	8	3.44	15	1	8
2.41	15	1	8	2.52	15	1	8
2.00	15	1	8	3.54	15	1	8
4.33	15	1	8	3.00	15	1	8
5.57	15	1	8	2.59	15	1	8
3.04	15	1	8	2.29	15	1	8
2.13	15	1	8	2.19	15	1	8
1.12	15	1	8	3.28	15	1	8
4.27	15	1	8	2.27	15	1	8
6.08	15	1	8				

Ilustración 53 Tabla de valores de la ventana de disparo de la línea de QO2P, fuente de Schneider Electric.

Datos:

Tabla 8 Valores de los índices de capacidad de proceso.

Tolerancia= 8±7	LSE= 15	Cpi= 0.284
μ=4.03	LIE= 1	Cps= 1.03
σ=3.55	CP= 0.657	Cpk= 0.284

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{15 - 1}{6(3.55)} = 0.657$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{4.03 - 1}{3(3.55)} = 0.284$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{15 - 4.03}{3(3.55)} = 1.03$$

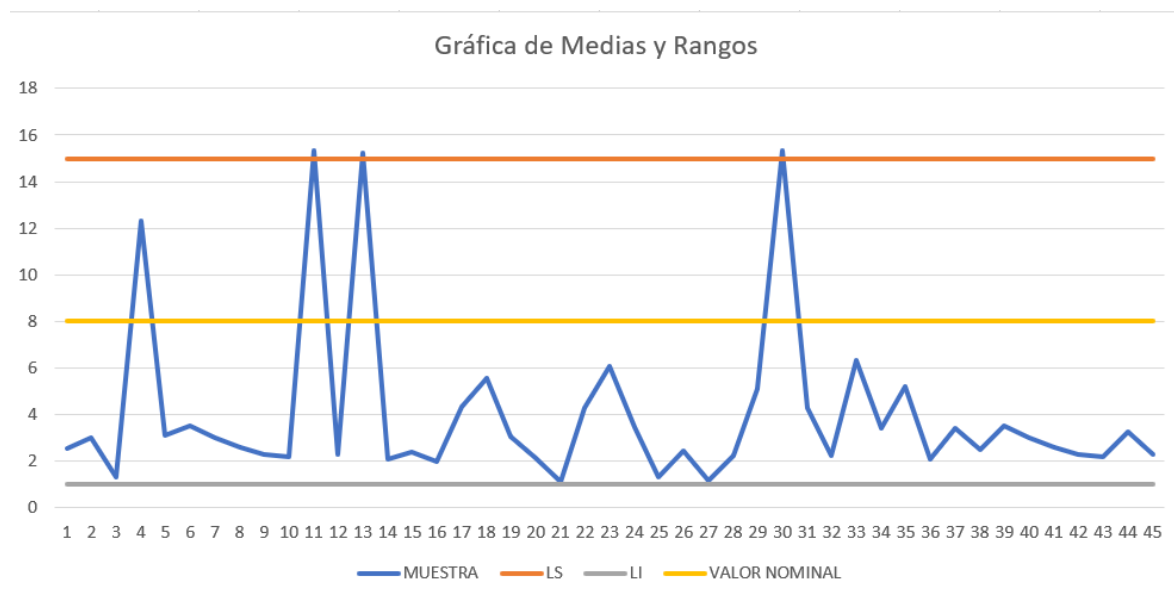


Ilustración 54 Gráfica de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de 20A., de la línea de QO2P, fuente propia.

Resultados: De acuerdo con la tabla 3, nuestro valor de CP es de 0.657, es decir, está cerca de ser un proceso de categoría 3, es decir, se requieren modificaciones al proceso para alcanzar la calidad satisfactoria, sin embargo, podemos observar

en la figura 54, que ya no tenemos valores arriba de 1 minuto del límite superior, como en el primer estudio.

Finalmente se concluye con la línea de producción de HOMM.

MUESTRA	LS	LI	VALOR NOMINAL	MUESTRA	LS	LI	VALOR NOMINAL
9.08	60	10	35	14.26	60	10	35
12.46	60	10	35	13.28	60	10	35
16.17	60	10	35	17.39	60	10	35
18.12	60	10	35	13.59	60	10	35
20.15	60	10	35	12.46	60	10	35
19.59	60	10	35	18.07	60	10	35
15.21	60	10	35	16.46	60	10	35
21.47	60	10	35	15.56	60	10	35
20.29	60	10	35	13.29	60	10	35
17.05	60	10	35	22.30	60	10	35
17.01	60	10	35	13.39	60	10	35
19.15	60	10	35	59.40	60	10	35
18.34	60	10	35	17.17	60	10	35
13.52	60	10	35	15.46	60	10	35
19.03	60	10	35	13.13	60	10	35
24.39	60	10	35	16.47	60	10	35
16.34	60	10	35	17.33	60	10	35
15.35	60	10	35	14.27	60	10	35
22.26	60	10	35	14.16	60	10	35
18.12	60	10	35	17.53	60	10	35
16.10	60	10	35	55.17	60	10	35
15.35	60	10	35	14.58	60	10	35
17.39	60	10	35				

Ilustración 55 Tabla de valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de 100A., de la línea de HOMM, fuente de Schneider Electric.

Datos:

Tabla 9 Valores de índice de capacidad de proceso

Tolerancia= 35±25	LSE= 60	Cpi= 0.31
μ=18.37	LIE= 10	Cps= 1.54
σ=9.00	CP= 0.925	Cpk= 0.31

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad CP = \frac{60 - 10}{6(9)} = 0.925$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Cpi = \frac{18.37 - 10}{3(9)} = 0.31$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad Cps = \frac{60 - 18.37}{3(9)} = 1.54$$

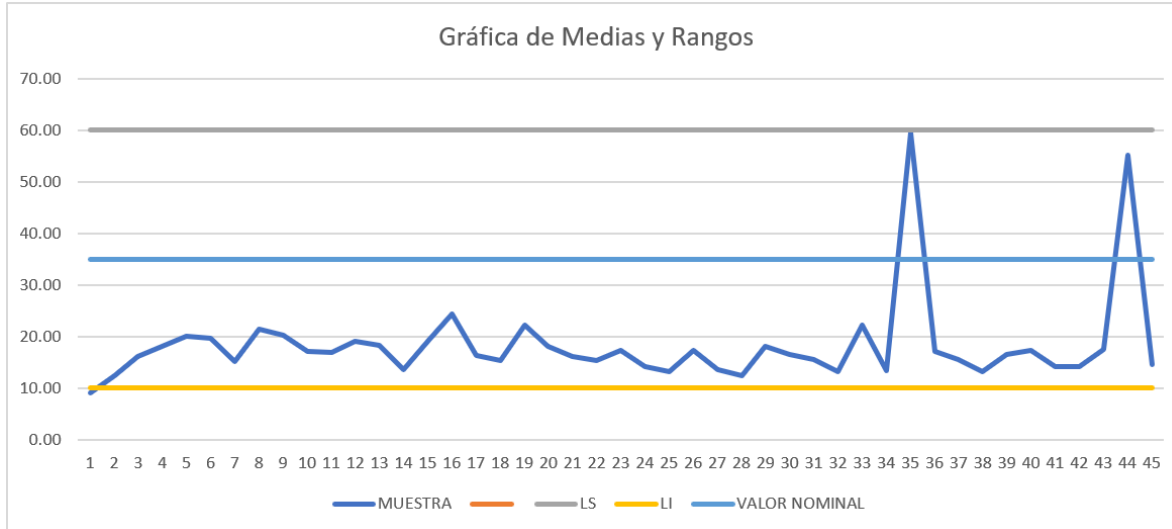


Ilustración 56 Valores de la ventana de disparo de los interruptores termomagnéticos de la línea de HOMM, fuente propia.

Resultados: De acuerdo con la tabla 3, el proceso está en una categoría 3, es decir, se requieren modificaciones serias al proceso para alcanzar la calidad satisfactoria, sin embargo, podemos observar que del lote de producción que se tomaron los datos, no sobrepasaron los límites superior e inferior es decir cumplieron las especificaciones los interruptores termomagnéticos.

Diseño de un aditamento para el preformado de la trencilla.



Ilustración 57 Trencilla del interruptor termomagnético, fuente de Schneider Electric.

En la estación 1 de las líneas de producción de QO2P, QO3P y HOMB comparten el mismo esquema de ensamble es decir el mismo elemento es ensamblado, sin embargo, este material representa retardos en la producción debido a que en la estación dos necesitan doblar nuevamente esta trencilla de cobre de tal manera que se pueda realizar el ensamble, por ello se diseña un aditamento que ayuda al preformado de esta trencilla y en la estación dos facilite el ensamble.



Ilustración 58 Preformado de forma manual, fuente de Schneider Electric.

Se observa en la figura 58 que el preformado se realiza de manera manual lo cual en el estudio de tiempos y movimientos nos dice que esta operación toma 5.5 segundos en realizarla, y para la siguiente operación el preformado no está en la posición adecuada, es decir, en la siguiente estación se tiene que volverá doblar la trencilla para poder introducir los demás aditamentos.

Visualización del diseño

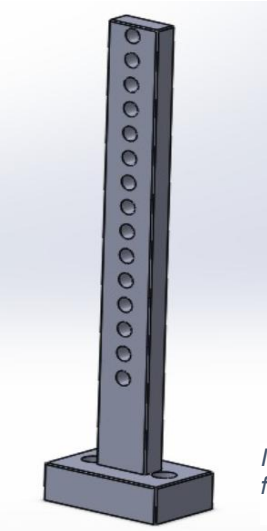


Ilustración 59 Soporte del aditamento, fuente propia.

Para iniciar con el diseño se tomó como base las medidas de la armadura, trencilla y bimetel ya que estas piezas ensambladas hacen el preformado para la siguiente estación de ensamble.

Se observa en la figura 59 el soporte para el aditamento de preformado.

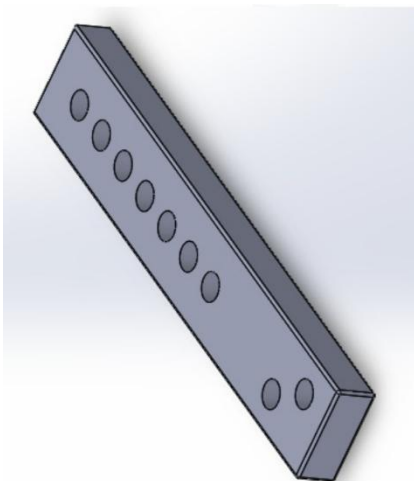
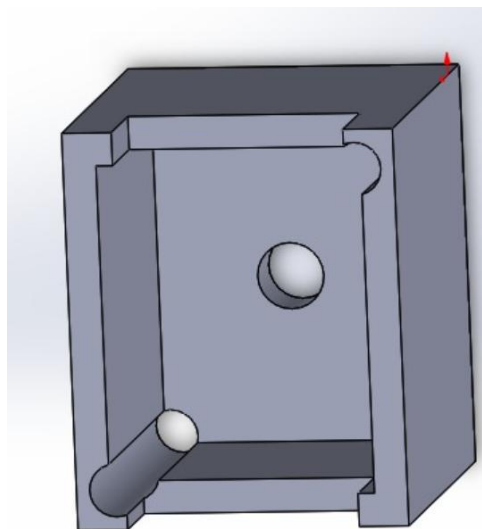


Ilustración 60 Placa de posición, fuente propia.

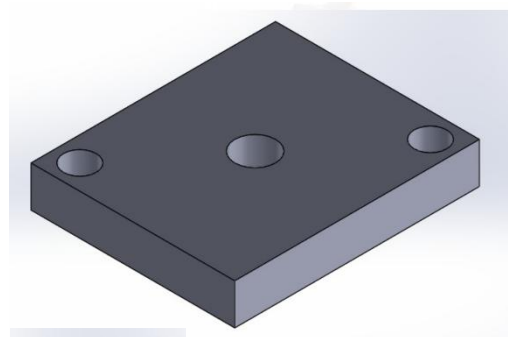
Podemos observar en la figura 60 una placa con diferentes barrenos esto para cambiar de posición de acuerdo con la ergonomía de las personas.

Estos barrenos tienen un diámetro de 10mm, para ver medidas y demás características ver anexo 1.



Para evitar que se cambie de posición sin previo aviso a lo que se documentará se diseñó esta placa de 10mm de espesor que ira en medio del aditamento y así evitar algún desajuste en la posición que se calibrará dependiendo del modelo de la trencilla, para ver medidas ver anexo 1.

Ilustración 61 Placa de protección, fuente propia.

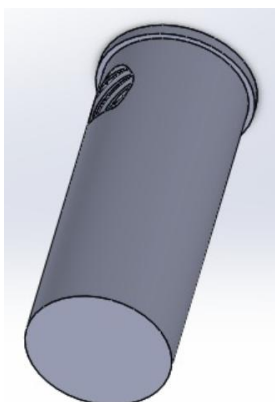


Se observa esta placa, va en conjunto con la primera placa de la imagen 50 están van a ir atornilladas con un tornillo de cabeza tipo llave Allen y cuerda M10X1.0 para ver más

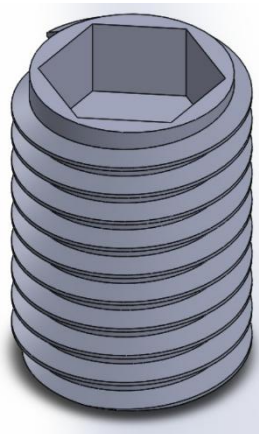
Ilustración 62 segunda placa de protección, fuente propia.



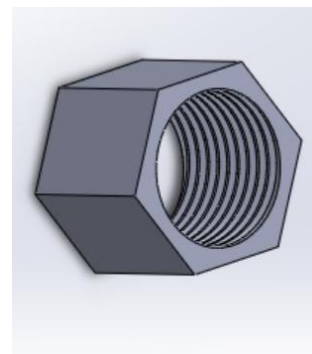
*Ilustración 63
Tornillo M10X1.0*



*Ilustración 64 Perno de
12mm de diámetro.*

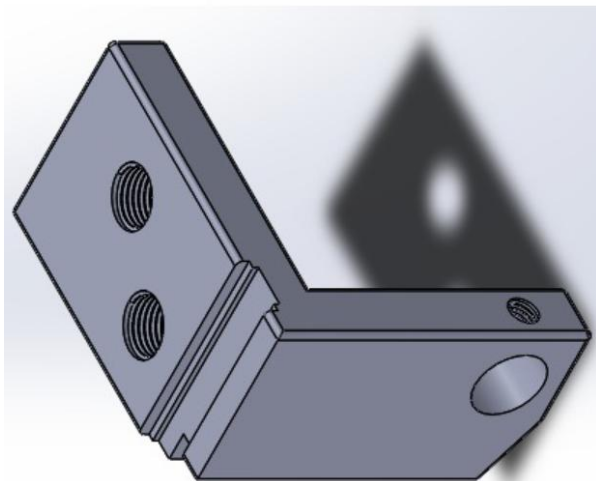


*Ilustración 65 Opresor
M5X0.8*



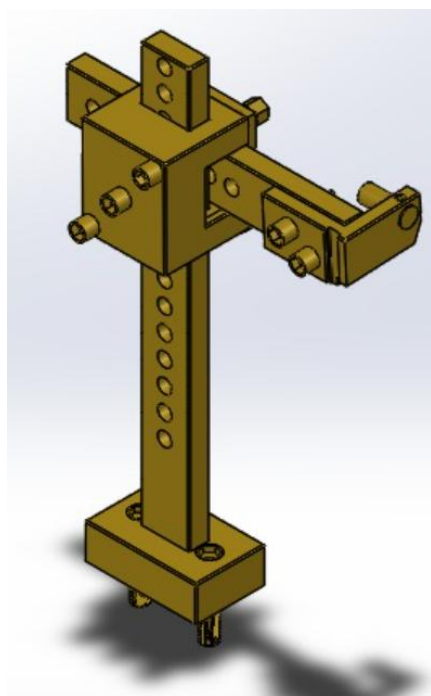
*Ilustración 66 Tuerca
M10X1.0*

Para visualizar las medidas ver anexo uno, donde se encontrará el plano de cada pieza diseñada por el software SolidWorks, a continuación, se observa el ensamble por computadora.



Se visualiza el soporte principal donde, entrará el perno y con ayuda de la armadura-bimetal ensamblados será más fácil la colocación y así se realizará el preformado dejando la misma posición en cada ensamble de la estación de trabajo uno.

Ilustración 67 Soporte principal – fuente propia.



Este es el diseño de un aditamento para el preformado, donde podemos observar en la imagen 56 que al tener diferentes barrenos se puede desatornillar los tornillos y subir o bajar la placa donde se encuentra el perno dependiendo de la estatura de la persona y así pueda realizar de mejor manera el ensamble.

Ilustración 69 Diseño de aditamento, visualización general - fuente propia.

Aditamento ajustado a la línea de producción.



Ilustración 70 - 71 Aditamento puesto a prueba en la línea de producción, fuente de Schneider Electric.

A continuación, se muestran unas imágenes de cómo es el ensamble con este aditamento y como facilita el ensamble en la estación consecuente.



Ilustración 73 Se toma la armadura y se coloca a un costado del aditamento, fuente de Schneider Electric.

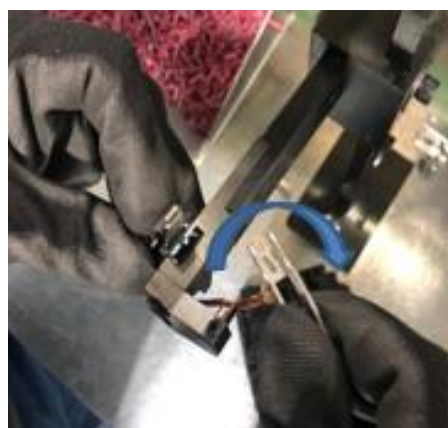


Ilustración 72 Con ayuda del perno se realiza una media vuelta con la trencilla, fuente de Schneider Electric.



Ilustración 75 Se procede a realizar esto con ambos extremos de la trencilla de cobre, fuente de Schneider Electric.



Ilustración 74 Se observan como se obtiene la misma posición de la trencilla para la siguiente estación, fuente de Schneider Electric.

Conclusión

Podemos concluir que la revisión de índices de capacidad de proceso es crucial para un proceso el cual aún requiere de modificaciones en la manufactura para poder alcanzar la calidad satisfactoria del cliente, por ello a continuación se expondrá el valor del antes y después de haber actualizado las hojas de operación estándar e incluir el manual de ficha máquina para las maquinas que calibran los interruptores termomagnéticos. Para la línea de HOMM se tenía un valor de 0.786 posteriormente con el último estudio se obtuvo 0.925, aunque se continua en la misma categoría, podemos observar que se incrementó en gran medida la calidad del proceso, para la línea de HOMB se tenía un valor de 0.574 y concluyo con un valor de 0.709 es decir se aumentó una categoría a un nivel 3 según la tabla 3, posteriormente para la línea de QO2P se tenía un valor de 0.560 y paso a 0.657, finalmente para la línea de QO3P se obtuvo un valor de 0.490 y paso a 0.636, en estas dos últimas líneas podemos observar que continúan en la categoría 4 que significa que requiere modificaciones inmediatas, sin embargo cabe resaltar que se aumentó el valor del índice de capacidad de proceso por lo que concluimos que se puede seguir mejorando el proceso con ayuda de las metodologías de Manufactura esbelta.

Este proyecto nos ha brindado la grandiosa oportunidad de poder aprender como son los ámbitos de la industria, así permitiéndonos aplicar los conocimientos adquiridos en el aula, para llevar a cabo el análisis de capacidades de proceso e implementaciones de mejora continua en las líneas de producción.

El tiempo que se estuvo en planta se adquirió nuevos conocimientos y fortalecimos lo que se aprendió en el aula, por ejemplo, materias como manufactura esbelta, control estadístico, administración de procesos fueron cruciales para poder crear los manuales para las fichas de máquina, cabe resaltar que para poder interpretar los diagramas eléctricos y neumáticos las asignaturas de automatización industrial, circuitos hidráulicos y neumáticos fueron clave para poder desempeñarse adecuadamente, finalmente para el diseño e implementación del aditamento para el preformado, ingeniera asistida por computadora y análisis de los materiales fueron

importantes para poder llevar acabo de manera satisfactoria este proyecto al igual que la interpretación de los datos.

Por otra parte, el realizar este proyecto no solo fueron las habilidades duras clave, si no también lo aprendido en habilidades directivas para tomar la iniciativa de realizar este proyecto en tiempo y forma establecidos por la empresa se vieron reflejados con responsabilidad.

Competencias desarrolladas

Trabajo en equipo: Poder desempeñarse de manera adecuada con diferente personal de diferentes cargos fuera clave, para poder culminar de manera satisfactoria el proyecto.

Facilidad de palabra: La comunicación es clave en todos los ámbitos, sin embargo, para poder comprender, entender y aprender nuevas maneras de trabajo fue clave esta competencia para aplicar lo entendido en los manuales de fichas de máquina.

Manejo del idioma inglés: Como la empresa es trasnacional cada semana se reciben visitas de diferentes partes del mundo, y en varias ocasiones nos preguntaron cual era nuestro valor agregado a la empresa y teníamos que expresar nuestras ideas en ingles puesto que el idioma oficial de la empresa es el inglés.

Manejo de TIC'S: Poder conocer las herramientas de office así como el uso de la computadora fueron claves para poder desarrollarme de manera profesional en esta empresa ya que la mayoría de sus sistemas ya son digitales dejando a un lado los documentos físicos como lo era antes.

Referencias bibliográficas

- [1] Sdi. “▷ Interruptor termomagnético ¿Qué es y para qué sirve? | SDI”. SDI Industrial. Accedido el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://sdindustrial.com.mx/blog/interruptor-termomagnetico-que-es/>
- [2] Abb. “100 años del Interruptor termomagnetico”. abb.com/south-america. Accedido el 7 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://new.abb.com/south-america/argentina/interruptor-termomagnetico>
- [3] E. Tolocka. “Entendiendo las curvas de disparo de los Interruptores automáticos | Tolocka”. Tolocka | Explora tutoriales gratuitos de electricidad y electrónica. Accedido el 22 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.profetolocka.com.ar/2019/04/18/entendiendo-las-curvas-de-disparo-de-los-interruptores-automaticos/>
- [4] C. Alarcon. “Norma IEC60898 | PDF | física | cantidades fisicas”. Scribd. Accedido el 28 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.scribd.com/doc/309882677/NORMA-IEC60898-1>
- [5] Emac Industrial Solutions and Services S.A de C.V. “Interruptores Termomagnéticos | ¿Qué son y como funcionan?” EMACSTORES. Accedido el 22 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://emacstores.com/como-funcionan-los-interruptores-termomagneticos/>
- [6] S. Maldonado. “Manufactura esbelta: Principios, herramientas y ventajas | Metalmecánica”. Metalmecánica. Accedido el 12 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/manufactura-esbelta-en-talleres-metalmecanicos-principios-herramientas-y-ventajas>
- [7] E. Tivar. “¿Qué es la manufactura esbelta?” Modern Machine Shop México. Accedido el 5 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.mms-mexico.com/columnas/que-es-manufactura-esbelta-o-lean-manufacturing>

[8] “Sistema Andon: Cómo funciona el sistema | SafetyCulture”. SafetyCulture. Accedido el 20 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://safetyculture.com/es/temas/sistema-andon/>

[9] “¿Qué es Andon en lean manufacturing? Ejemplos y tipos de sistema”. DispatchTrack. Accedido el 20 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.beetrack.com/es/blog/que-es-andon-lean-manufacturing>

[10] Tools P. “▷Sistema Poka-Yoke y su aplicación en los centros de producción | Production Tools”. ▷Herramientas Industriales y Equipamiento de Taller | Production Tools. Accedido el 22 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://productiontools.es/lean/poka-yoke/>

[11] SPC Consulting Group. “¿Qué es Cp y Cpk? | SPC Consulting Group”. SPC Consulting Group | Expertos en capacitación y consultoría para la mejora continua y gestión de la calidad. Accedido el 23 de noviembre de 2024. [En línea].

Disponible: <https://spcgroup.com.mx/que-es-cp-y-cpk/>

[12] “SOLIDWORKS - ¿Qué es y para qué sirve?” SolidBI. Accedido el 14 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://solid-bi.es/solidworks/?v=3d26b0b17065>

[13] H. Gutierrez Pulido, *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Guadalajara: McGraw-Hill Interam. Ed. S.A. C.V., 2009.

Anexos

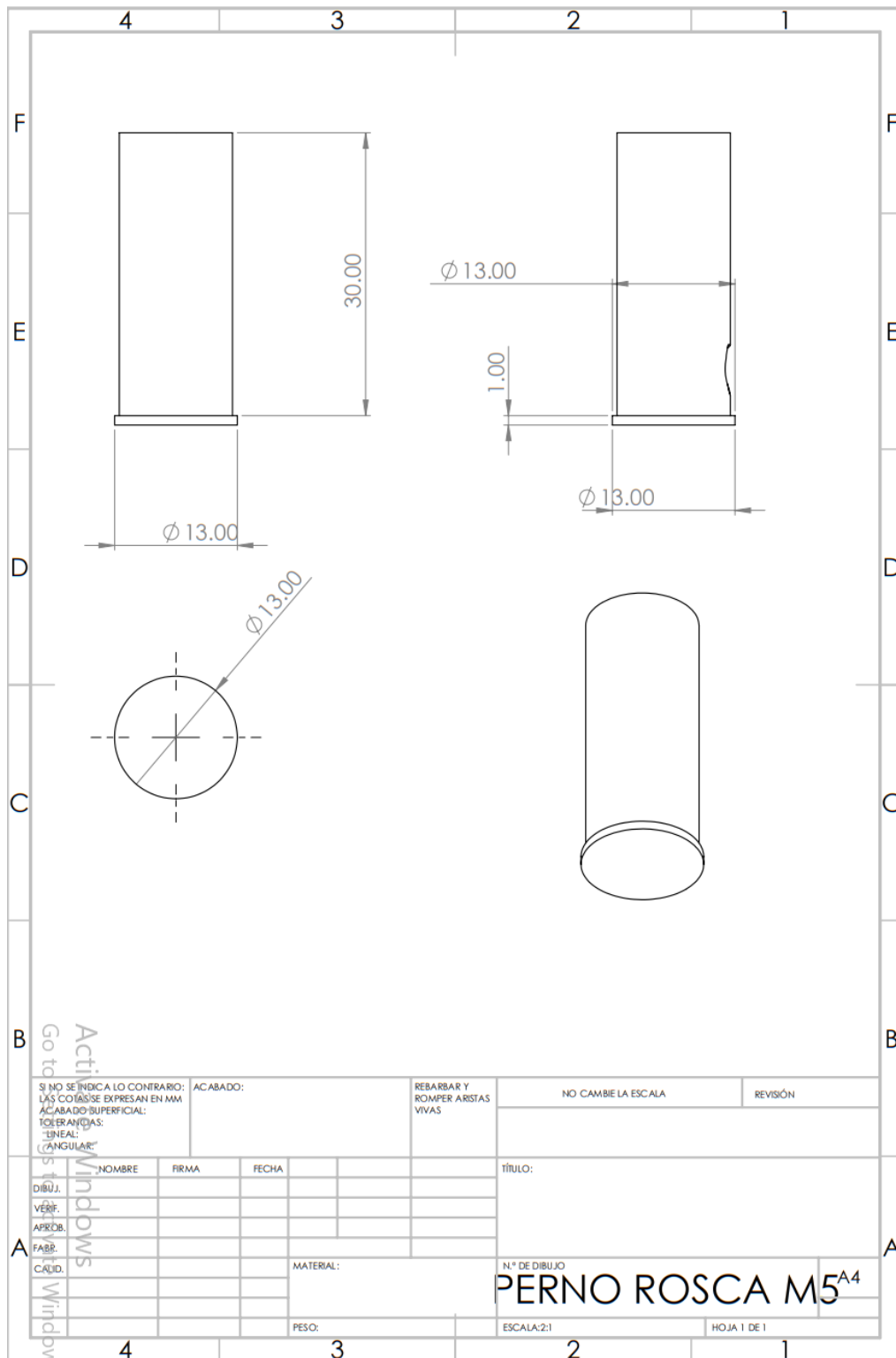
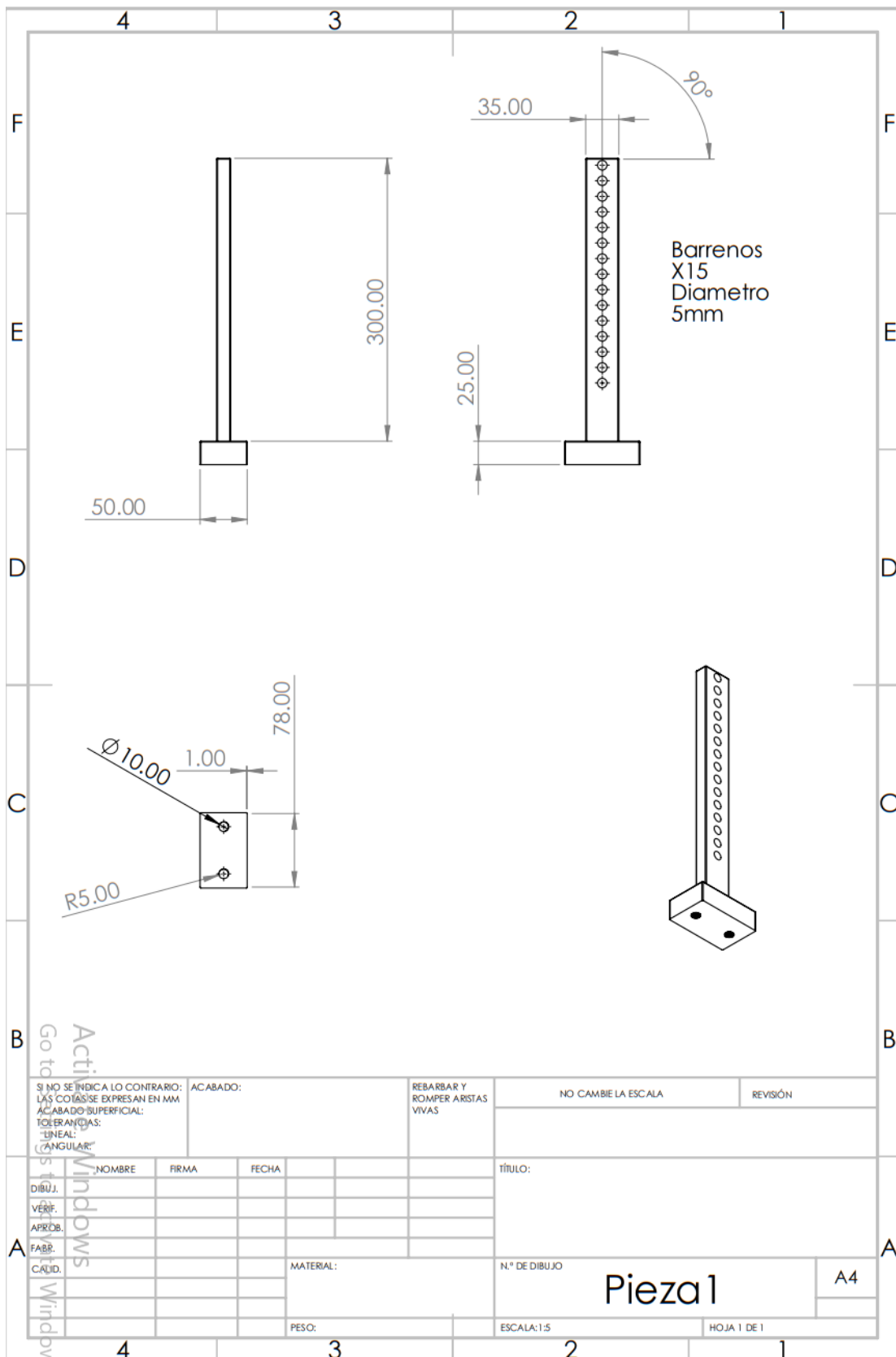
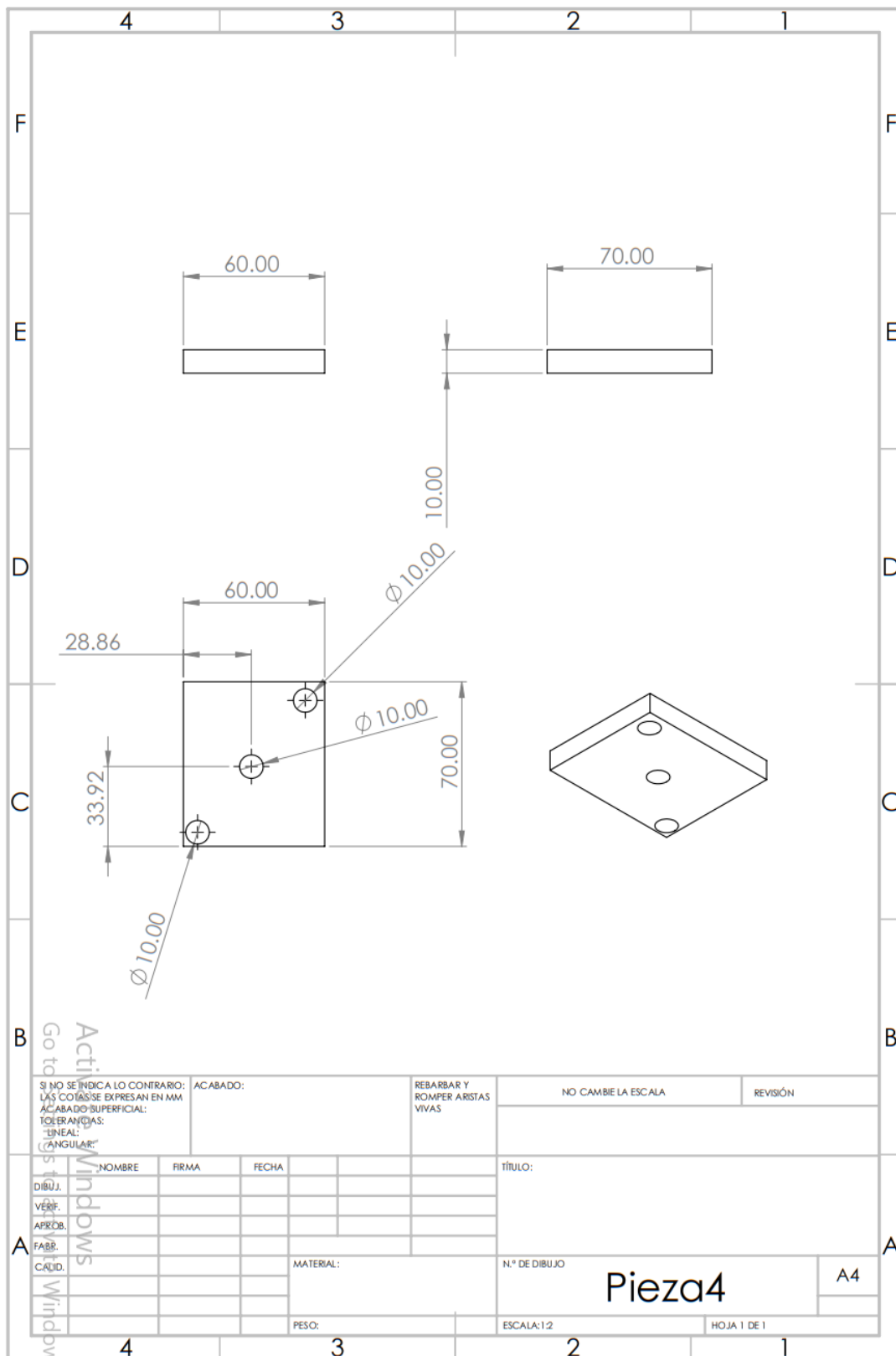
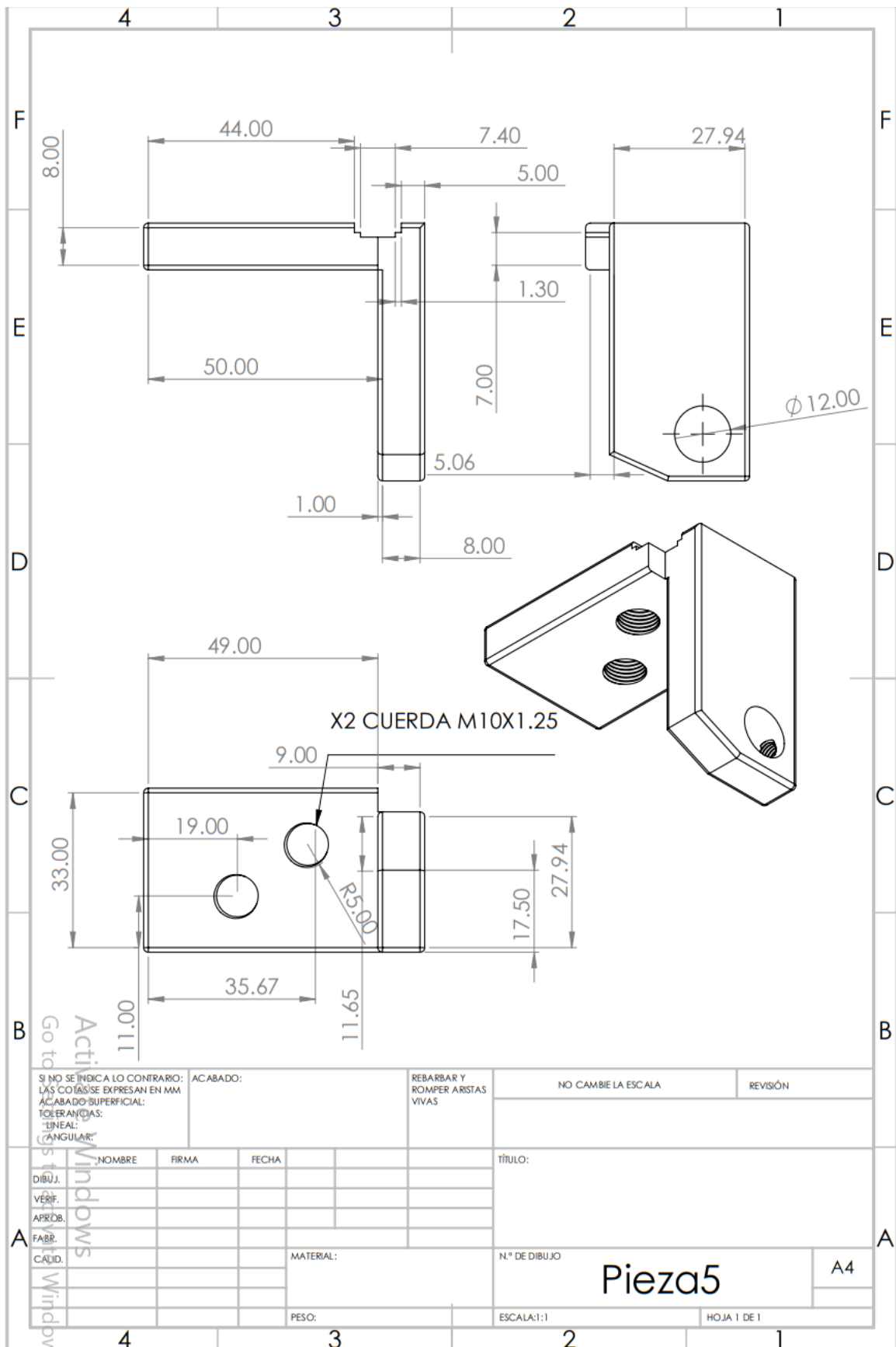
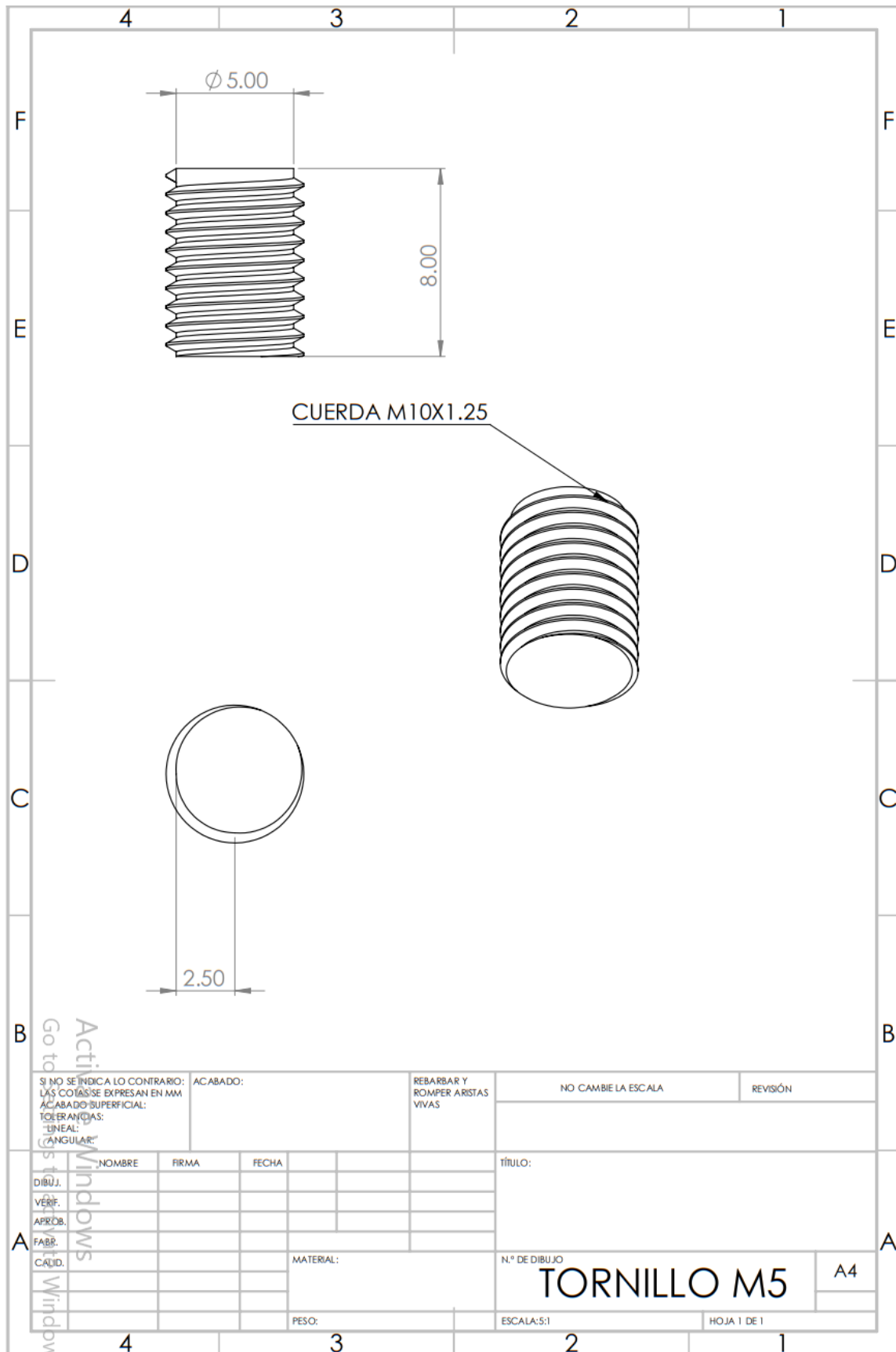


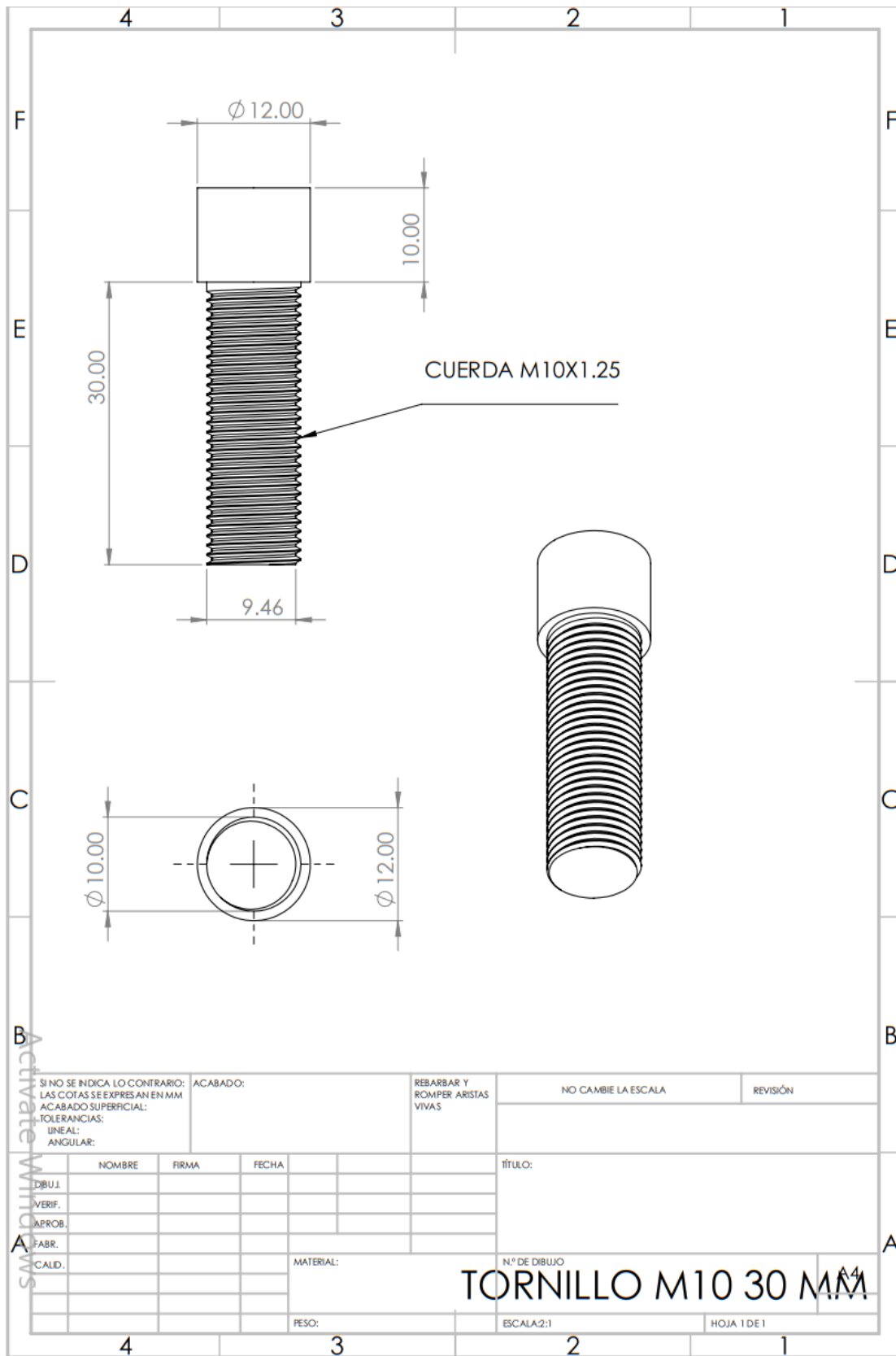
Ilustración 76 Todas las piezas expresadas están acotadas en unidades de Milímetros











4	3	2	1
F			F
E			E
D			D
C			C
B			B
A			A
4	3	2	1

CUERDA M10X1.25

Activate Windows

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DIBUJ.						
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALD.			MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A4
			PESO:		ESCALA 2:1	HOJA 1 DE 1

TUERCA M10

