



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

Departamento de Ingeniería Industrial

PROYECTO

Implementación Metodología SMED Ensamble ABB

EMPRESA:

Ericsson Antena Technology México S.A de C.V

ASESOR INTERNO:

Tito Gustavo Bueno Osorio

ASESOR EXTERNO:

ING. Emmanuel Carreto Barbosa

PRESENTA:

Juan Manuel Méndez Rivera

NO. CONTROL:

21370552

Agradecimientos.

Finalizar la etapa que hasta ahora más ha dejado enseñanzas en mí vida no sería posible sin la ayuda siempre presente de **Dios**, en las noches de desvelo, en las noches que no existían las ganas de nada, siempre me dio convicción de ser fuerte y afrontar cada obstáculo que se me pusiera enfrente.

A ti padre, **Miguel Méndez García**, que desde el momento en que yo llegué a este mundo me has amado incondicionalmente, consentido y apoyado en cada idea. Siempre he tenido el respaldo en hacer cualquier cosa porque sé que tu me dirás “si tu crees que es buena idea, sabes que yo te apoyo”, te amo, gracias por siempre darme absolutamente todas las herramientas para ir poco a poco logrando mis sueños, este gran paso también es tuyo.

A ti madre, **Edith Rivera López**, que siempre estás al pendiente de mí, así sea cualquier cosa mínima que pasa siento tu apoyo, siempre estás al tanto, has sido, eres y serás siempre mi confidente en todo, siempre sabes que consejos darme para afrontar cualquier problema. Gracias por siempre amarme incondicionalmente, siempre seremos un equipo, papá, tú y yo, quiero que sepan que, hasta mi último respiro en esta tierra, estaré agradecido por todo lo que han hecho por mí, los amo, este logro igual es de ustedes.

A ti **Alejandro R**, que sé que desde el cielo me cuidas hermano, me hiciste prometerte una cosa antes de que te fueras y te la estoy cumpliendo, eres mi ejemplo a seguir, la fortaleza que siempre tuviste es simplemente de admirar, te recuerdo a diario.

Eres mi Ángel de la guarda, sé que estarías muy contento por ver que estoy cumpliendo esta gran etapa en mi vida, siempre creíste en mí y siempre voy a estar agradecido por eso.

De igual forma y muy importante a mis primos **Ángel R, Ricardo R, Roberto R, Sergio R**, que han sido mis confidentes, las personas que siempre han estado en las buenas, y en las malas. Siempre acudo a ustedes cuando necesito reírme, contar algo, recibir un consejo, o simplemente ir a dar una vuelta para hablar de la vida, gracias por siempre estar, gracias por siempre escuchar, y, sobre todo, gracias por ser leales.

Sin olvidar a todos mis amigos que han hecho y hacen mi vida personal una montaña rusa de emociones, de aventuras y risas, pero que siempre aportan algo bueno a mi vida, fue coincidencia pura el conocerlos, pero el paso de los años me ha hecho ver que estarán para siempre, ¡gracias por todo!

Agradezco a **Ericsson** por brindarme la oportunidad de integrarme a su organización como practicante, permitiéndome desarrollar mi estadía profesional en un entorno industrial real, así como aplicar y fortalecer los conocimientos adquiridos durante mi formación académica. Esta experiencia representó un aporte fundamental para mi desarrollo profesional y personal.

Al Ing. **Emmanuel Carreto** por brindarme todo el soporte necesario a lo largo de mis estadías, y de igual forma al equipo de mantenimiento por siempre compartirme sus conocimientos y experiencias que me han ayudado a aprender mucho más de la industria en general.

De igual forma agradecer su total cooperación al ingeniero y asesor interno de todo este proyecto de residencias profesionales, **Tito Gustavo Bueno Osorio** que gracias a compartirme de sus conocimientos, experiencia e ideas fue posible realizar de manera correcta el proyecto.

Resumen.

El presente proyecto se desarrolló en la empresa **Ericsson**, específicamente en el área **SEHO**, dentro de la **planta ubicada en el estado de Tlaxcala**, la cual se dedica a la **manufactura de antenas para telecomunicaciones**.

El área **SEHO** recibe esta denominación debido a que las **máquinas principales con las que cuenta son de la marca SEHO**, razón por la cual la empresa optó por nombrar el área de esta manera. Dicho proyecto formó parte de la estadía de **residencias profesionales** realizada en el área de **Procesos y Mantenimiento**, iniciando el **4 de agosto**.

El objetivo principal del proyecto fue **reducir los tiempos de cambio de modelo** mediante la aplicación de la metodología **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**, con la finalidad de mejorar la eficiencia operativa, optimizar el uso de la capacidad instalada y fortalecer la planeación del proceso productivo dentro de la planta.

Como etapa inicial, se llevó a cabo un **análisis detallado del estado actual del proceso**, mediante la observación directa, la medición de tiempos y la recopilación de información operativa. Este análisis permitió identificar **actividades internas y externas, tiempos improductivos, variabilidad en la ejecución de los cambios de modelo** y la **falta de estandarización en actividades críticas**, factores que impactaban directamente en la disponibilidad del equipo y en la continuidad del proceso productivo de fabricación de antenas.

A partir de este diagnóstico, se diseñó y desarrolló una **base de datos operativa**, en la cual se integró información relevante del proceso, incluyendo **los distintos modelos y tipos de antena fabricados en la planta**, las **operarias involucradas** y los **tiempos ciclo correspondientes a cada modelo**.

Asimismo, la base de datos incorporó **cálculos automáticos para determinar la hora estimada de término de las piezas**, lo que permitió anticipar de manera más precisa el momento del cambio de modelo y **preparar con antelación las actividades necesarias** para su ejecución, contribuyendo a una mejor organización del proceso productivo.

La implementación de la metodología SMED permitió **reorganizar las actividades del cambio de modelo**, separar claramente las **actividades internas y externas**, estandarizar procedimientos y eliminar tareas innecesarias o redundantes. Como resultado, **se logró una reducción significativa en los tiempos de cambio de modelo**, lo que se tradujo en la recuperación de tiempo efectivo de operación por

turno y en un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, sin requerir inversiones adicionales en infraestructura o recursos.

Adicionalmente, el proyecto contribuyó a **mejorar la coordinación entre las áreas de producción y mantenimiento**, ya que la información generada por la base de datos facilitó la **programación de actividades** como cambios de punta y ajustes de soldadura en **robots ABB** (robots industriales de la empresa ABB utilizados para operaciones automatizadas de soldadura dentro del proceso productivo), así como la ejecución de tareas de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**. Esta integración permitió **reducir tiempos muertos, minimizar interrupciones no planeadas y mejorar la estabilidad del proceso**.

Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de la metodología SMED, apoyada en el **análisis de datos** y la **participación del personal operativo**, constituye una herramienta efectiva para la **mejora de procesos industriales**. Asimismo, el proyecto destacó la importancia de la **comunicación y el trabajo colaborativo** entre operarias, supervisores e ingenieros, quienes aportaron conocimiento técnico y experiencia práctica para la identificación de **oportunidades de mejora reales y aplicables**.

Finalmente, el desarrollo del proyecto representó una experiencia profesional altamente formativa, al permitir la aplicación de conocimientos académicos en un entorno industrial real, fortalecer competencias técnicas en procesos y mantenimiento, y reafirmar la importancia de la mejora continua como un elemento clave para el desempeño y la competitividad de la organización.

Índice

Agradecimientos.	2
Resumen.	4
Índice de imágenes.	11
Introducción.	13
Capítulo 1. “Descripción de empresa y organización”	14
1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA	14
1.2 LOGO DE LA EMPRESA.	14
1.3 HISTORIA.	14
1904: Global desde el principio (casi)	15
1923: El interruptor 500	15
1956: El despertar de la telefonía móvil	15
1976: El interruptor AXE	15
1991: GSM lo cambia todo	15
2001: Se crea Sony Ericsson	16
2010: Llega el 4G	16
2024 – ¡Internet de las cosas y más!	16
1.4 ANTECEDENTES ERICSSON.	16
1.5 MISIÓN.	19
1.6 VISIÓN.	19
1.7 VALORES.	19
Profesionalismo	20
Perseverancia.	20
Respeto	20
1.8 POLITICA DE SUSTENTABILIDAD.	21
1.9 POLITICA DE SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR.	21
1.10 POLITICA DE CALIDAD.	21
1.11 UBICACIÓN.	22
1.12 PLANTA MANUFACTURERA EN TLAXCALA Y OFICINAS.	22
1.13 PLANTA TLAXCALA.	23
1.14 DESEMPEÑO AMBIENTAL.	24
Política de sustentabilidad	24
Política salud, seguridad y bienestar	25
1.15 Política de calidad	25

1.16 PROCESO DE FABRICACIÓN DE ANTENAS ERICSSON.	26
1.17 ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE.	26
ÁREA: PROCESOS Y MANTENIMIENTO.	26
Capítulo 2 “Identificación de problemas”	27
Análisis previo para la identificación de problemas	27
2.1 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS.	28
Problemas a resolver	28
Problema 1. Tiempos de cambio de modelo elevados y con variabilidad	28
Problema 2. Planeación limitada de los cambios de modelo	28
Problema 3. Aprovechamiento parcial de la capacidad instalada	29
Problema 4. Uso limitado de la información del proceso	29
Enfoque de priorización	29
2.2 Objetivo general.	29
2.3 Objetivos específicos.	29
2.4 Justificación.	30
Capítulo 3 “Marco teórico”	31
3.1 Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)	31
3.2 Principios fundamentales del Lean Manufacturing	31
3.2.1 Definir valor	31
3.2.2 Identificar la cadena de valor	31
3.2.3 Crear flujo continuo	31
3.2.4 Sistema Pull (producción bajo demanda)	32
3.2.5 Perfección (mejora continua)	32
3.3 Relación directa entre Lean Manufacturing y SMED	32
3.4 Lean Manufacturing como enfoque metodológico del cual se deriva la metodología SMED	32
3.5 SMED (Single-minute Exchange of Die)	33
3.6 Origen de SMED	33
3.7 Actividades internas SMED	33
3.8 Actividades externas SMED	33
3.9 Cantidades para especificar y denominar lotes pequeños, medianos y grandes	33
3.10 Análisis de procesos y operaciones	33
3.11 Separación interno/externo	33
3.12 Conversión de internas y externas	34
3.13 Perfeccionamiento y estandarización	34

3.14 Fundamentos del SMED	34
3.15 Etapas conceptuales del SMED. Paso a paso	34
Etapa preliminar (Estado inicial).	34
1ª etapa (separar internas y externas (identificación)).	34
2ª etapa (convertir internas en externas (preparación preparada)).	34
3ª etapa (perfeccionar todos los aspectos, también se le denomina optimización).	35
3.16 Área SEHO	35
3.17 Cambiador de fase	35
3.17.1 Funcionamiento del cambiador de fase	35
3.17.2 Aplicaciones de los cambiadores de fase	35
3.17.3 Ventajas de los cambiadores de fase	36
3.17.4 Cambiadores de fase Low Band y High Band.	36
3.17.5 LB (Low Band)- Cambiador de fase de baja frecuencia:	36
3.17.6 HB (High Band) – Cambiador de fase de alta frecuencia:	36
3.17.7 IMPORTANCIA DE LOS CAMBIADORES DE FASE LB Y HB EN LAS ANTENAS.	37
3.17.8 PREENSAMBLE DE CAMBIADORES DE FASE PARA ANTENAS.	37
3.18 ¿Qué es una antena?	37
Transmisor:	38
Receptor:	38
Material:	38
3.18.1 Tipos de antenas	38
3.18.2 Antena Isotrópica	38
3.18.3 Antena Direccional	38
3.18.4 Antena Omnidireccional	38
3.18.5 Antena de cuadro	39
3.18.6 Antena de reflector o parabólica	39
3.18.7 Antena lineal	39
3.18.8 Antena multibanda	39
3.18.9 Antenas VHF y UHF	39
3.19 Cobertura de red	40
3.19.1 ¿Cómo funciona la cobertura de red?	40
3.19.2 Tipos de cobertura	40
3.19.3 3G (tercera generación)	40
3.19.4 4G (cuarta generación)	40
3.19.5 5G (quinta generación)	40
3.20 Toma de tiempos	41
3.20.1 Tiempos predeterminados	41
3.20.2 Estudio de tiempos con cronómetro	41
3.20.3 Cambio de modelo	41
3.20.4 Tiempo de ciclo	41
3.20.5 Takt Time	41
3.21 Robots ABB	41

3.22 Checklist	42
3.23 Variabilidad	42
3.24 Base de Datos Operativa (BD SEHO)	42
3.25 Capacidad instalada	42
Capítulo 4 “Desarrollo de SMED”	42
4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	42
4.2 Difusión de la metodología SMED al personal operativo	43
4.3 Delimitación del área de estudio	45
4.4 Levantamiento de información y toma de tiempos	45
4.5 Documentación del proceso actual de cambio de modelo.	46
4.6 Clasificación de actividades internas y externas	47
4.7 Uso y consolidación de la base de datos operativa (BD SEHO)	47
4.8 Conversión de actividades internas a externas	49
4.9 Estandarización del proceso de cambio de modelo	50
4.10 Evaluación y seguimiento del procedimiento	50
Capítulo 5 “Resultados”	50
5.1 Desempeño del proceso posterior a la implementación	50
5.2 Resultados del diagnóstico inicial del proceso	50
5.3 Resultados del análisis de tiempos de cambio de modelo	52
5.4 Análisis comparativo de tiempos (Antes vs Después de SMED)	52
5.5 Resultados obtenidos a partir de la base de datos operativa	54
5.6 Resultados derivados del uso de la base de datos para la gestión de mantenimiento	58
5.7 Aprovechamiento de la capacidad instalada	59
5.8 Resultados relacionados con la adquisición del nuevo TRA para el robot Low Band	60
5.9 Resultados de estandarización y documentación del proceso	62
5.10 Resultados globales del proyecto	62
5.11 Actividades sociales realizadas en la empresa u organización	62
Capítulo 6 “Análisis final y propuestas de mejora”	63

6.1 Conclusiones del proyecto	63
6.2 Recomendaciones	64
6.3 Experiencia profesional adquirida	64
6.4 Competencias desarrolladas y/o aplicadas	65
6.5 Competencias técnicas	66
6.6 Competencias metodológicas y analíticas	66
6.7 Competencias organizacionales y de gestión	66
6.8 Competencias interpersonales y profesionales	67
6.9 Competencias personales	67
<i>Fuentes de información.</i>	68

Índice de imágenes.

Imagen 1. Logo de la empresa ERICSSON	14
Imagen 2. México 1930, robot telefónico de madera	19
Imagen 3 ubicación de planta Ericsson (Google Maps)	22
Imagen 4. Mapa de oficinas Ericsson en México (Google Maps)	23
Imagen 5. Dirección de oficinas Ericsson en México.	23
Imagen 6 Planta Ericsson Tlaxcala	24
Imagen 7 Organigrama de departamento de ingeniería en procesos y mantenimiento.	27
Imagen 8 Presentación SMED	43
Imagen 9 Presentación SMED	44
Imagen 10 Presentación SMED	44
Imagen 11 Presentación SMED	45
Imagen 12 Tiempos iniciales en área ensamble ABB	46
Imagen 13 Diagrama de flujo del área ensamble ABB	47
Imagen 14 Interfaz de base de datos “SEHO”	48
Imagen 15 Base de datos “SEHO”	49
Imagen 16 Anotaciones del estado actual del proceso ensamble ABB	49
Imagen 17 Comparativa de tiempos iniciales vs finales	51
Imagen 18 Tiempos después de aplicar SMED	51
Imagen 19 Before/After SMED	52
Imagen 20 Interfaz de Base de Datos “SEHO” datos ABB HB	54
Imagen 21 Interfaz de todas las antenas existentes.	55
Imagen 22 Base de Datos con todos los modelos de antena, modelos HB y LB	55
Imagen 23 Interfaz de hoja “TiempoCiclo” de cada modelo existente LB.	56
Imagen 24 Interfaz de hoja “TiempoCiclo” de cada modelo existente HB.	56
Imagen 25 Registros hechos por Base de Datos “SEHO”	57
Imagen 26 Horas estimadas a terminar de acuerdo a piezas a producir	58

<i>Imagen 27 TRA JBC</i>	<i>61</i>
<i>Imagen 28 Ejemplo de cómo quedó en lugar de trabajo ABB Low Band</i>	<i>61</i>

Introducción.

En el entorno industrial actual, la competitividad de las organizaciones depende en gran medida de su capacidad para adaptarse a cambios constantes en la demanda, la variedad de productos y los requerimientos de calidad. En este contexto, los **tiempos de cambio de modelo** representan un factor crítico dentro de los procesos productivos, ya que influyen directamente en la disponibilidad de los equipos, la continuidad de la producción y el aprovechamiento de la capacidad instalada.

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Ericsson, específicamente en el **área SEHO (denominada así por el tipo de maquinaria SEHO instalada)**, como parte de la estadía profesional realizada en el área de **Procesos y Mantenimiento**. El proyecto inició el 4 de agosto y tuvo como finalidad analizar, estructurar e implementar mejoras orientadas a la **reducción de los tiempos de cambio de modelo**, mediante la aplicación de la metodología **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**, adaptada a las condiciones reales del proceso.

Durante la ejecución del proyecto se llevó a cabo un análisis detallado del estado actual del proceso, mediante la observación directa, la medición de tiempos y la recopilación de información operativa. Este análisis permitió identificar actividades internas y externas, tiempos improductivos, variabilidad en los procedimientos y oportunidades de mejora que afectaban el desempeño del proceso y la utilización eficiente de los recursos disponibles.

A partir de este diagnóstico, se desarrolló una **base de datos** operativa que integró información clave del proceso, incluyendo modelos de antena, tipos de antena, operarias, tiempos ciclo y cálculos automáticos para la estimación de la hora de término de las piezas. Esta herramienta permitió mejorar la planeación de las actividades, anticipar los cambios de modelo y fortalecer la coordinación entre las áreas de producción y mantenimiento.

La implementación de la metodología SMED, apoyada en el análisis de datos y la participación del personal operativo, permitió reorganizar y estandarizar las actividades del cambio de modelo, reduciendo tiempos muertos y mejorando el aprovechamiento de la capacidad instalada. Asimismo, el proyecto promovió el trabajo colaborativo y la integración del conocimiento técnico con la experiencia del personal operativo, contribuyendo a la mejora continua del proceso.

Finalmente, este documento presenta de manera estructurada el desarrollo del proyecto, los procedimientos realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas, con el propósito de evidenciar el impacto de la aplicación de SMED en un entorno industrial real y su contribución a la formación profesional del estudiante.

Capítulo 1. “Descripción de empresa y organización”

1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA

Ericsson Antena Technology México S.A de C.V. Carretera A Mena Km.7 Col. Ciudad Industrial Xicohtencatl, Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala.

1.2 LOGO DE LA EMPRESA.



Imagen 1. Logo de la empresa ERICSSON

1.3 HISTORIA.

1876: Lars Magnus Ericsson abre un taller mecánico En 1876, Lars Magnus Ericsson fundó un pequeño taller mecánico en el centro de Estocolmo, que se convertiría en una de las empresas líderes mundiales en tecnologías de la información y la comunicación. En 1880, lanzó el primer teléfono de pared y entregó la primera centralita.

1904: Global desde el principio (casi)

En 1904, Ericsson decidió solicitar una concesión telefónica en México. Las autoridades mexicanas otorgaron la licencia al año siguiente, y Ericsson obtuvo el permiso para convertirse en operador. Esta fue solo una de las primeras inversiones 10 internacionales de Ericsson. Ya antes de México, Ericsson había abierto operaciones en muchos países europeos.

1923: El interruptor 500

¡Un sistema de conmutación telefónica capaz de gestionar 500 líneas! La primera central de 500 conmutadores de Ericsson se puso en funcionamiento en 1923. Ocho años después, Ericsson había entregado unas 100 centrales con un total de más de 350.000 líneas. Las ventas siguieron aumentando durante varias décadas. Para 1974, cuando las ventas finalmente empezaron a decaer, 4,8 millones de líneas que utilizaban la central de 500 conmutadores estaban en funcionamiento en centrales telefónicas públicas.

1956: El despertar de la telefonía móvil

El primer teléfono móvil de Ericsson, diseñado en 1956, pesaba 40 kilos, como un adolescente, y tenía el tamaño aproximado de una maleta. Quizás no fuera realmente "móvil". Y nunca estuvo destinado a ser un éxito de ventas, ya que la red que se construyó para soportarlo no podía soportar más de 100 suscriptores. (En 1987, Ericsson lanzaría su primer teléfono móvil portátil, el HotLine Pocket).

1976: El interruptor AXE

La era de los conmutadores analógicos estaba llegando a su fin. Nuevos sistemas electrónicos y digitales los reemplazarían, por lo que Ericsson construyó el sistema de conmutación AXE, en una empresa conjunta con la sueca PTT Televerket. AXE fue revolucionario en varios aspectos, especialmente por su avanzada arquitectura modular, y Ericsson prosperaría con él durante muchas décadas.

1991: GSM lo cambia todo

Tras la NMT (1G), llegó el GSM (2G), lo que permitió un uso aún más extendido de la telefonía móvil. El 1 de julio de 1991, se introdujo el nuevo estándar europeo GSM en muchos países europeos, y las llamadas GSM se realizaron en Alemania, Finlandia, Dinamarca y Suecia a través de sistemas Ericsson.

2001: Se crea Sony Ericsson

Desde sus inicios en 1876, Ericsson se había dedicado a la fabricación de teléfonos y redes. En octubre de 2001, su división de telefonía móvil se fusionó con la empresa japonesa de electrónica para el hogar Sony y formó Sony Ericsson. La competencia en el sector de la telefonía móvil se había vuelto mucho más dura, y Ericsson ya no podía depender únicamente de su propia experiencia técnica.

2010: Llega el 4G

En diciembre de 2009, Ericsson lanzó la primera red 4G comercial del mundo en colaboración con TeliaSonera (anteriormente la empresa sueca PTT Televerket). La red se basaba en el nuevo estándar para sistemas de telecomunicaciones móviles: LTE (Long Term Evolution).

2024 – ¡Internet de las cosas y más!

Ericsson lleva mucho tiempo dedicado al avance del 5G, lo que posibilita el Internet de las Cosas. Actualmente, también participa en el desarrollo del 6G, anticipando que ofrecerá una experiencia de "realidad extendida" que involucrará todos nuestros sentidos.

1.4 ANTECEDENTES ERICSSON.

Antecedentes Telefonaktiebolaget LM Ericsson, comúnmente conocida como Ericsson, es una compañía multinacional sueca dedicada a ofrecer soluciones de telecomunicaciones y transformación digital. La compañía fue fundada en 1876 por Lars Magnus Ericsson, originalmente como un taller de reparación de equipos de telegrafía. Actualmente opera en 180 países siendo uno de los mayores proveedores de infraestructura para las redes 4G y 5G y cuenta con más de 60.000 patentes.

En 1905, Ericsson ganó una concesión para operar la red telefónica en la Ciudad de México y zonas periféricas. Cuatro años más tarde, una filial de Ericsson, Mexeric, se hizo cargo de estas operaciones.

Después de que ITT comprara la empresa competidora mexicana en 1925, las dos empresas lucharon duramente para convertirse en el operador de telecomunicaciones líder, y preferiblemente el único, en México.

Tras la aparición de ITT como propietario importante de Ericsson a raíz de la cuestionable transacción comercial realizada por Ivar Kreuger, las dos empresas iniciaron negociaciones en 1932 sobre su relación. Un resultado fue que Ericsson se convirtió en copropietario de mexicana.

La complicada situación de propiedad, la necesidad de interconectar las redes y las exigencias de expansión hicieron necesaria la fusión de los dos operadores telefónicos mexicanos. Sin embargo, esa solución tendría que esperar hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

El industrial sueco Axel Wenner-Gren fue quien encontró la solución. Wenner-Gren vivía en México y tenía mucho capital después de haber vendido acciones de la empresa sueca de productos forestales SCA.

Las negociaciones entre él, Ericsson y Mexeric dieron como resultado la firma de un nuevo acuerdo entre las partes en 1947 que creó una nueva empresa. Se llamó Teléfonos de México S A y se llamó Telmex.

Al año siguiente, los activos y pasivos de Mexerics fueron absorbidos por Telmex. La participación de Wenner-Gren en la nueva empresa era de poco más del 51 por ciento y la de Mexeric de poco menos del 49 por ciento. Wenner-Gren luego compró la participación de Mexeric en mexicana.

En el tercer y último paso se compró toda mexicana. Todas las operaciones de la red ahora se consolidaron en una sola empresa y las dos redes anteriormente independientes se interconectaron.

Después de un tiempo, los dueños no estuvieron de acuerdo sobre el futuro de Telmex. En 1953, Ericsson compró Axel Wenner-Gren y se llegó a un acuerdo en el que Ericsson e ITT poseerían cada uno la mitad del capital social de Telmex.

A fines de la década de 1950, la red nacional de Telmex tenía alrededor de 400,000 suscriptores. El gobierno mexicano en ese momento estaba ansioso por continuar ampliando la red telefónica. Por tanto, se impuso un impuesto telefónico a los suscriptores existentes para financiar parcialmente la expansión.

Dado que el gobierno asumía un papel activo en la industria, se consideró mejor transferir Telmex a intereses mexicanos. Esto también ocurrió. Un grupo de empresarios mexicanos compró las acciones de Ericsson e ITT.

Se mantuvo la dirección, encabezada por el hábil presidente Gunnar Backman, ya que los nuevos propietarios mexicanos querían continuidad. Finalmente, Telmex pasó a manos del Estado. Junto con la adquisición de Telmex por parte de intereses mexicanos, Ericsson decidió invertir en manufactura en México.

En un principio, en 1958, se estableció una empresa manufacturera e industrial con ITT, pero Ericsson dejó la empresa en 1964, cuando se adquirió una empresa manufacturera mexicana. Esta empresa recibió el nombre de Teleindustria Ericsson (TIM).

El lanzamiento del sistema AX fue el comienzo de un período exitoso para-TIM en los años 1980. La red de Telmex se digitalizó en una etapa temprana y el sistema AX de Ericsson fue superior al sistema correspondiente de ITT.

TIM también exportó con éxito sistemas AX a Ecuador, Costa Rica, El Salvador y Panamá. En 1989 se instaló en México el primer sistema de telefonía móvil AMPS con Ericsson como proveedor. Cuando se liberalizó el mercado de telecomunicaciones fijas e inalámbricas en México en 1997, el número de suscriptores aumentó rápidamente.

A principios de siglo, Ericsson tenía una participación de mercado del 55 por ciento en llamadas locales y del 90 por ciento en llamadas de larga distancia. La cuota de mercado en telefonía móvil fue del 64 por ciento. El número de empleados de Ericsson en el país era de 1,200.

Aunque en México existen teléfonos desde hace mucho tiempo, la gran mayoría de la población aún no cuenta con teléfono propio. En México, el país en crecimiento actual (donde Ericsson pronto podrá celebrar 100 años de operaciones en el país), existen importantes oportunidades para aumentar las ventas en el futuro.



Imagen 2. México 1930, robot telefónico de madera

1.5 MISIÓN.

Nuestra visión es guiada por nuestro propósito, podemos desempeñar un papel aún más importante en el mundo. Nuestro propósito es crear conexiones que hagan posible lo inimaginable.

1.6 VISIÓN.

Nuestra visión es un mundo donde la conectividad ilimitada mejore vidas, redefina los negocios y sea pionero en un futuro sostenible.

1.7 VALORES.

En Ericsson, nuestra cultura se basa en más de un siglo de decisiones valientes, en un lugar donde la cocreación y la colaboración están arraigadas en las paredes y

donde nuestros valores fundamentales de profesionalismo, respeto, perseverancia e integridad brillan en todo lo que hacemos.

Profesionalismo

- Cumplimos con altos estándares de excelencia y nos responsabilizamos mutuamente del resultado.
- Tenemos las necesidades de nuestros clientes en el centro de cada decisión que tomamos.
- Generamos confianza cumpliendo nuestras promesas y demostrando liderazgo intelectual.

Perseverancia.

- Nos desafiamos continuamente para estar a la vanguardia de la innovación.
- Afrontamos los desafíos más complejos del mundo adoptando coraje, pasión y determinación.
- Siempre pensamos en el largo plazo y cumplimos nuestros compromisos con determinación y resiliencia.

Respeto

- Creemos que las perspectivas y habilidades únicas y diferentes crean mejores resultados.
- Defendemos la inclusión, la diversidad y promovemos la colaboración.
- Nos escuchamos genuinamente y nos preocupamos unos por otros con empatía y autenticidad.

1.8 POLITICA DE SUSTENTABILIDAD.

Ericsson se esfuerza por desarrollar, vender y entregar hardware, software, servicios y soluciones con sostenible de sociedad. Sobre la base de la investigación de Ericsson, la tecnología de la información y comunicación (TIC) contribuye a los pilares del desarrollo sostenible:

- Prosperidad económica.
- Equidad social.
- Mejora de desempeño ambiental.

1.9 POLITICA DE SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR.

Ericsson aspira a lograr cero muertes, lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, y considera que las lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo son prevenibles. Además, Ericsson se compromete a crear una cultura positiva de salud y de bienestar. Ericsson cumple con los requisitos aplicables de los clientes y otros requisitos de salud y seguridad que se extienden más allá del cumplimiento legal, incluso cuando estos requisitos exceden la legislación local.

1.10 POLITICA DE CALIDAD.

Ericsson integra la calidad a través de la excelencia operativa en todas las áreas de negocio y en alineación con nuestra dirección estratégica. Ericsson está comprometido con la calidad en el trabajo diario mientras se esfuerza por cumplir con los requisitos de los clientes, accionistas y empleados en la implementación de hardware, software, servicios y soluciones.

1.11 UBICACIÓN.

Ericsson Antenna Technology México S.A de C.V. Carretera A Mena Km.7 Col. Ciudad Industrial Xicohtencatl, Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala

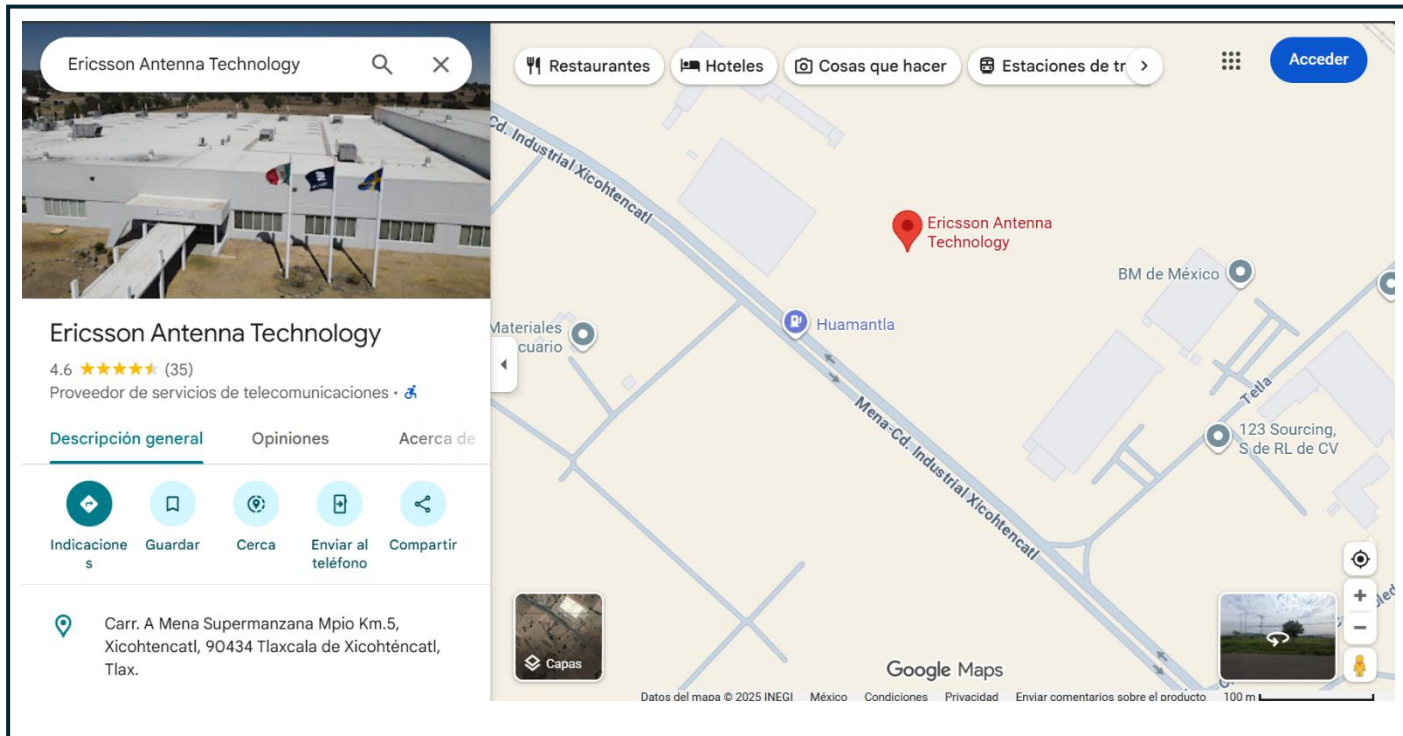


Imagen 3 ubicación de planta Ericsson (Google Maps)

1.12 PLANTA MANUFACTURERA EN TLAXCALA Y OFICINAS.

Como empresa, estamos en un viaje de gran evolución y cambio, en el que la claridad de propósito es clave. A nivel mundial, la sociedad enfrenta una década de grandes desafíos y una inmensa disrupción tecnológica, tal vez más de lo que jamás hayamos conocido, y es en este contexto que ser una empresa impulsada por valores y con un propósito será más importante y diferenciadora que nunca.

Este es el próximo capítulo de la historia de nuestra empresa en el que daremos forma a un futuro mejor y más brillante. Cuenta con una planta manufacturera en Tlaxcala y 4 oficinas que se encuentran en Ciudad de México, Querétaro y Guadalajara.



Imagen 4. Mapa de oficinas Ericsson en México (Google Maps)

NUESTRAS OFICINAS			
Mexico City – Corporativo Neuchâtel Av. Río San Joaquín 498, piso 4 Amp Granada, Miguel Hidalgo, 11529 Mexico D.F. Phone: +52 442 238 5300	Queretaro Campus Corporativo Empresarial, Av. 5 de Febrero Núm. 1351, Edificio Sequoia y Gran Formato Zona Industrial Benito Juárez, Santiago de Querétaro 76120, Queretaro Phone: +52 55 442 238 5300	Guadalajara Carretera El Verde El Castillo 2000 Int.B 45690 El Salto Jalisco	Tlaxcala (Ericsson Antenna Tech) Carr. A Mena Km 7 Cd. Industrial Xicohtencatl Tetla de la Solidaridad Postal 90434 Tlaxcala

Imagen 5. Dirección de oficinas Ericsson en México.

1.13 PLANTA TLAXCALA.

Planta Ericsson en Tlaxcala, ubicada en Tetla de la Solidaridad, es una instalación clave en la estrategia global de la empresa para el desarrollo de redes móviles,

especialmente en la implementación de la tecnología 5G. Fue adquirida en 2019 como parte de la compra de la división de antenas y filtros de la empresa Kathrein, cuenta con una superficie de aproximadamente 36,936 metros cuadrados.

Los productos elaborados en esta instalación no solo abastecen el mercado mexicano, sino que también se exportan a países como Estados Unidos, Canadá, y diversas naciones de Sudamérica. Un aspecto destacado de esta planta es su enfoque en la inclusión laboral femenina.

La mayoría de las operadoras son mujeres muchas de ellas madres solteras, quienes han sido capacitadas para realizar tareas especializadas en el proceso de fabricación de antenas.



Imagen 6 Planta Ericsson Tlaxcala

1.14 DESEMPEÑO AMBIENTAL.

Política de sustentabilidad

Ericsson se esfuerza por desarrollar, vender y entregar hardware, software, servicios y soluciones con un excelente desempeño de sustentabilidad y contribuye al desarrollo sostenible de la sociedad. Sobre la base de la investigación de Ericsson, la tecnología de la información y la comunicación (TIC) contribuye a los pilares del desarrollo sostenible:

- Prosperidad económica
- Equidad social
- Mejora del desempeño ambiental

Política salud, seguridad y bienestar

Es de suma importancia para Ericsson proporcionar un entorno de trabajo que promueva y salvaguarde la salud, seguridad y bienestar de los empleados y de cualquier persona que se vea afectada por las actividades de la empresa.

Ericsson aspira a lograr cero muertes, lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, y considera que las lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo son prevenibles.

Además, Ericsson se compromete a crear una cultura positiva de salud y bienestar. Ericsson cumple con los requisitos aplicables de los clientes y otros requisitos de salud y seguridad que se extienden más allá del cumplimiento legal, incluso cuando estos requisitos exceden la legislación local.

1.15 Política de calidad

Ericsson integra la calidad a través de la excelencia operativa en todas las áreas de negocio y en alineación con nuestra dirección estratégica. Ericsson está comprometido con la calidad en el trabajo diario mientras se esfuerza por cumplir con los requisitos de los clientes, accionistas y empleados en la implementación de hardware, software, servicios y soluciones. El compromiso de Ericsson en la calidad se demuestra a través de:

- Proporcionar hardware, software, servicios y soluciones que satisfagan las expectativas y requisitos del cliente durante todo el ciclo de vida, mediante la operación de procesos efectivos y eficientes, alineados con nuestra visión y estrategias.
- Establecer sistemáticamente objetivos de calidad, revisar el desempeño y mejorar las operaciones en función de los resultados del desempeño.

1.16 PROCESO DE FABRICACIÓN DE ANTENAS ERICSSON.

La fabricación de antenas en la planta Ericsson ubicada en Tlaxcala es un proceso meticuloso que combina técnicas manuales con rigurosos controles de calidad.

En esta planta se fabrican antenas para tecnología 5G, así como subensambles clave como **EB'S y BG'S** (área denominada así debido a que el proceso de preensamble que se realiza en dicha área recibe el nombre de preensamble EB's y BG's) , los cuales forman parte fundamental del ensamble final de las antenas.

El proceso depende de áreas importantes como lo es corte de cable que se encargan de realizar corte de cables con las medidas requeridas para los ensambles, áreas de SEHO donde realizan dipolos y radiadores, también se realizan **Phase Shifter** (cambiador de fase en inglés, componente clave dentro de la antena, encargado de modificar la fase de la señal eléctrica con el objetivo de controlar la dirección del haz de radiación, permitiendo una mejor cobertura y desempeño del sistema de telecomunicaciones) que son soldados por robots ABB, sin olvidar el ensamble de EB'S Y BG'S que también son fundamentales para el proceso de fabricación.

Para después pasar al área de las líneas donde se colocan cada pieza que fue ensamblada y pasar a su preensamble al igual que ir realizando conexiones como soldar componentes.

Finalmente se pasan al área de sintonización para realizar las pruebas finales de funcionamiento, una vez pasada la prueba podrán ser liberadas y ser empacadas para su envío.

1.17 ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE.

ÁREA: PROCESOS Y MANTENIMIENTO.

La empresa Ericsson cuenta con varios departamentos que en conjunto hace el buen manejo de estrategias que siempre llevan a la vanguardia sus procesos.

El área donde desarrollo mis actividades es el área de procesos y mantenimiento, donde participo en el análisis, mejora y estandarización de los procedimientos operativos dentro de las líneas de producción, específicamente el área SEHO que es donde se realizan pre-ensambles.

Asimismo, colaboro con el personal técnico y de ingeniería para implementar soluciones que reduzcan paros de máquina, mejoren la disponibilidad de los equipos y aseguren la eficiencia operativa de la línea.

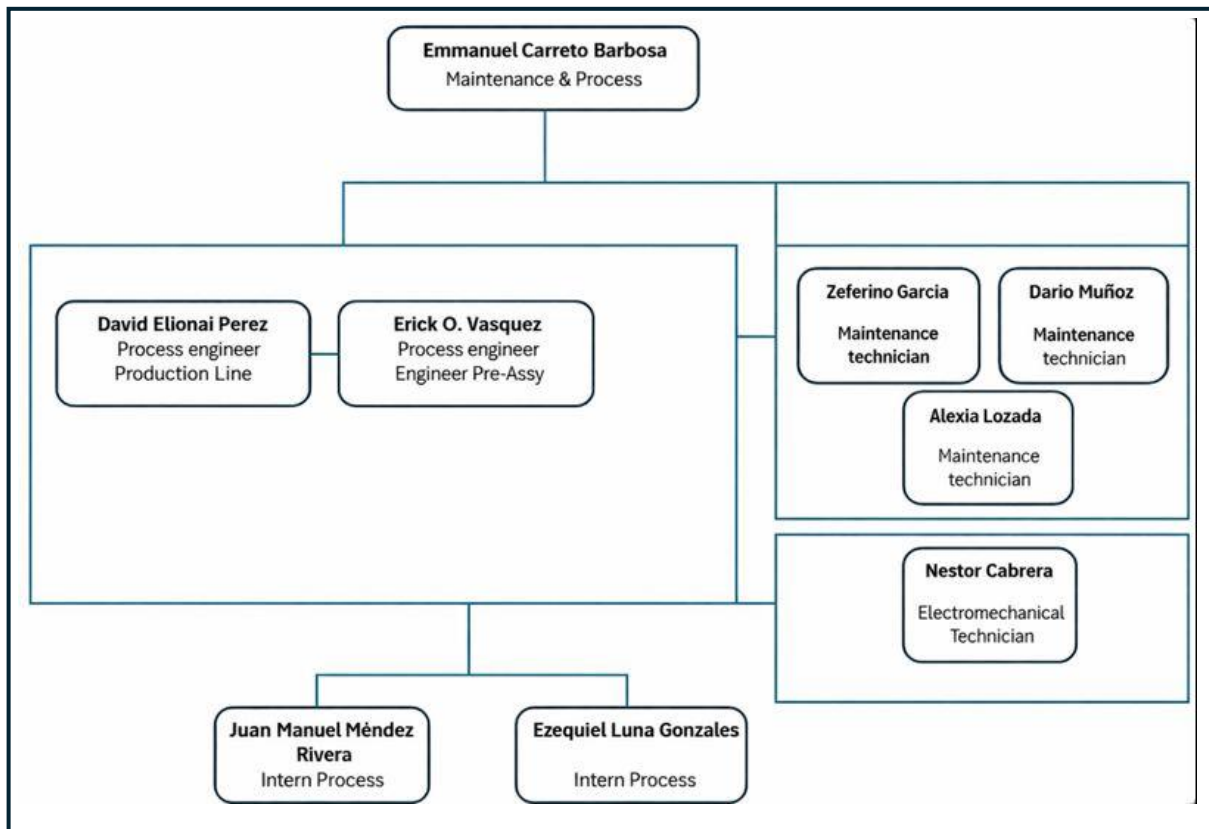


Imagen 7 Organigrama de departamento de ingeniería en procesos y mantenimiento.

Capítulo 2 “Identificación de problemas”

Análisis previo para la identificación de problemas

Antes de la identificación y priorización de los problemas a resolver, se llevó a cabo un **análisis diario y continuo del proceso productivo** durante los **primeros meses de realización de las residencias profesionales** en el área **SEHO**. Dicho análisis tuvo como finalidad **comprender a profundidad el funcionamiento del proceso**, así como **familiarizarse completamente con las actividades operativas, técnicas y organizacionales** involucradas en la manufactura de antenas.

Este proceso de análisis se realizó mediante la **observación directa de las operaciones**, la **participación activa en las actividades del área** y la **recopilación constante de información operativa**, lo que permitió identificar de manera objetiva las condiciones reales del proceso, sus variaciones y las principales fuentes de ineficiencia.

Asimismo, la identificación de los problemas se llevó a cabo con el **apoyo y acompañamiento de los ingenieros responsables del área**, así como con la **colaboración del personal operativo**, quienes aportaron conocimiento técnico, experiencia práctica y retroalimentación directa sobre las actividades diarias, los cambios de modelo y las dificultades recurrentes del proceso.

La combinación del **análisis continuo**, la **inmersión total en el proceso** y el **trabajo colaborativo con el personal del área** permitió contar con una visión integral del sistema productivo, sentando las bases para una **identificación adecuada, fundamentada y priorizada de los problemas a resolver**, alineada con los objetivos del proyecto y con la realidad operativa del área SEHO.

2.1 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS.

Problemas a resolver

A partir del análisis del estado actual del proceso productivo en el área SEHO, se identificaron algunas áreas de oportunidad que limitaban el desempeño del proceso y el aprovechamiento de los recursos disponibles. Estos problemas se priorizaron considerando su impacto en la operación y su relación directa con los objetivos del proyecto.

Problema 1. Tiempos de cambio de modelo elevados y con variabilidad

Se observó que los tiempos de cambio de modelo presentaban oportunidades de mejora, debido a la variabilidad en la ejecución de las actividades y a la ausencia de una metodología estandarizada. Esta situación generaba paros prolongados del proceso y afectaba la continuidad de la producción.

Problema 2. Planeación limitada de los cambios de modelo

La falta de información anticipada sobre la hora de término de las piezas, provocaba que los cambios de modelo se realizaran de manera reactiva, incrementando los tiempos improductivos durante la preparación de materiales, herramientas y ajustes necesarios.

Problema 3. Aprovechamiento parcial de la capacidad instalada

Como consecuencia de los tiempos de cambio de modelo y de la planeación reactiva, se identificó que la **capacidad instalada del proceso no estaba siendo utilizada al 100 %**, generando pérdidas de tiempo productivo por turno. Esta situación representaba una oportunidad clara para mejorar la eficiencia del proceso sin necesidad de inversión adicional en infraestructura o recursos.

Problema 4. Uso limitado de la información del proceso

Previo al proyecto, la información relacionada con modelos de antena, tiempos ciclo y desempeño del proceso no se encontraba integrada en una herramienta única, lo que dificultaba el análisis del proceso y la toma de decisiones oportunas.

Enfoque de priorización

Los problemas relacionados con los **tiempos de cambio de modelo**, la **planeación de las actividades** y el **aprovechamiento de la capacidad instalada** fueron considerados prioritarios, ya que su mejora permitiría impactar directamente en la eficiencia operativa y en la estabilidad del proceso productivo.

2.2 Objetivo general.

Implementar la metodología SMED en el proceso de ensamble ABB dentro del área SEHO, mediante el análisis del estado actual, la separación y conversión de actividades internas y externas, y el desarrollo de una base de datos estandarizada que permita medir tiempos reales, controlar el cambio de modelo y optimizar la capacidad instalada del área, con el fin de reducir los tiempos de preparación y mejorar la disponibilidad del robot ABB.

2.3 Objetivos específicos.

Los objetivos específicos del proyecto se enfocan en comprender y mejorar de manera integral el proceso SEHO–ABB mediante la aplicación de la metodología SMED. En primera instancia, se busca **analizar el estado actual del proceso**, recopilando evidencia mediante mediciones directas, corridas de tiempo y observación estructurada, con el propósito de identificar claramente las actividades internas, externas y las fuentes de variabilidad que influyen en el cambio de modelo. Posteriormente, se pretende **diseñar y estandarizar la Base de Datos SEHO**, la cual permitirá registrar de forma confiable los tiempos de ciclo, paros, preparación, movimientos del operador, lotes utilizados y eventos asociados al proceso, constituyendo una herramienta fundamental para el análisis y la toma de decisiones dentro de la metodología SMED.

Una vez obtenida esta información, el proyecto busca **reducir el tiempo interno del cambio de modelo** mediante la aplicación directa de los principios del SMED, reorganizando las tareas, eliminando desperdicios y estandarizando la secuencia operativa dentro del área SEHO. De manera complementaria, se contempla **capacitar al personal involucrado**, asegurando que comprendan la estandarización del proceso, el uso de la base de datos y la correcta ejecución de las actividades durante el cambio de modelo.

Finalmente, se plantea **evaluar la capacidad instalada del área SEHO antes y después de la implementación**, utilizando los datos generados por la Base de Datos SEHO para comparar el desempeño real, cuantificar mejoras y validar la efectividad del proyecto.

2.4 Justificación.

La implementación de la metodología SMED en el proceso de ensamble ABB es esencial para disminuir los tiempos de cambio de modelo y mejorar la disponibilidad de los robots, los cuales representan un recurso crítico en la producción de Phase Shifters en Ericsson Antenna Technology México.

El área SEHO, se encarga del preensamble y preparación de materiales para los robots ABB, presenta variabilidad operativa significativa debido a la ausencia de un método estandarizado para registrar tiempos de ciclo, paros, actividades internas, externas y trazabilidad de lotes. Esta falta de información dificulta la planificación, el control y la mejora continua, además de limitar la capacidad para evaluar el desempeño real del proceso.

La creación y estandarización de la Base de Datos SEHO permite contar con una herramienta confiable que centraliza la información operativa y proporciona datos que sustentan el análisis del estado actual, la identificación de desperdicios y la correcta aplicación de los principios SMED. Con esta herramienta es posible conocer la capacidad instalada real, detectar cuellos de botella, reducir variabilidad y establecer estándares de trabajo que aseguren cambios de modelo más rápidos y eficientes.

Aplicar SMED en SEHO-ABB no solo reduce el tiempo interno del cambio de modelo, sino que también aumenta la disponibilidad del robot, mejora el flujo de materiales, disminuye retrabajos y alineaciones innecesarias, y fortalece la cultura de mejora continua mediante evidencia cuantitativa.

En conjunto, este proyecto aporta beneficios técnicos, operativos y económicos, garantizando una operaciones más predecible, eficiente y estandarizada, con impacto directo en la productividad y en el desempeño global del proceso.

Capítulo 3 “Marco teórico”

3.1 Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)

Lean Manufacturing se define como un sistema de producción enfocado en la identificación y eliminación sistemática de desperdicios, con el objetivo de entregar valor al cliente utilizando la menor cantidad posible de recursos. Este enfoque fue formalizado por Womack y Jones (1996) a partir del Sistema de Producción Toyota.

El principio central del Lean Manufacturing es que toda actividad que no agrega valor al producto desde la perspectiva del cliente debe reducirse o eliminarse, ya que genera costos, tiempos innecesarios e ineficiencias dentro del proceso productivo. (Womack & Jones, 1996)

3.2 Principios fundamentales del Lean Manufacturing

Lean Manufacturing se sustenta en cinco principios básicos, los cuales dan origen a herramientas como SMED:

3.2.1 Definir valor

El valor se define exclusivamente desde el punto de vista del cliente. Solo aquellas actividades que transforman el producto de manera directa y por las que el cliente está dispuesto a pagar son consideradas actividades que agregan valor.

3.2.2 Identificar la cadena de valor

Consiste en analizar todas las actividades que intervienen en el proceso productivo para identificar cuáles agregan valor y cuáles representan desperdicio.

3.2.3 Crear flujo continuo

Busca que los procesos fluyan sin interrupciones, esperas o paros innecesarios. Los tiempos muertos, como los largos cambios de modelo, afectan directamente este principio.

3.2.4 Sistema Pull (producción bajo demanda)

La producción se realiza únicamente cuando existe una demanda real del cliente, lo que exige procesos flexibles y rápidos para adaptarse a diferentes modelos.

3.2.5 Perfección (mejora continua)

Lean Manufacturing promueve la mejora continua (Kaizen) como una práctica constante para reducir desperdicios y variabilidad.

(Womack & Jones, 1996)

3.3 Relación directa entre Lean Manufacturing y SMED

El SMED nace como una herramienta específica del Lean Manufacturing para resolver uno de sus problemas clave: los tiempos largos de preparación y cambio de modelo.

Shigeo Shingo desarrolló SMED con el objetivo de:

- Reducir tiempos muertos de máquina
- Permitir lotes pequeños
- Incrementar la flexibilidad del sistema
- Facilitar la producción bajo demanda (Pull)
- Mejorar el flujo continuo

Al reducir el tiempo de cambio de modelo, SMED elimina desperdicios de espera, disminuye inventarios y mejora la capacidad de respuesta del sistema productivo, alineándose directamente con los principios Lean. (Shingo, 1985)

3.4 Lean Manufacturing como enfoque metodológico del cual se deriva la metodología SMED

Lean Manufacturing proporciona:

- El marco filosófico (eliminar desperdicio)
- El objetivo (flujo continuo y flexibilidad)
- El contexto operativo (producción bajo demanda)

Mientras que SMED actúa como la herramienta práctica que permite llevar esos principios a la realidad en procesos con cambios frecuentes de modelo.

Por esta razón, SMED no puede entenderse ni aplicarse de forma aislada, sino como parte integral del enfoque Lean Manufacturing. (Shingo, 1985; Womack & Jones, 1996)

3.5 SMED (Single-minute Exchange of Die)

Como parte del Sistema de Producción Toyota, Shigeo Shingo desarrolló el SMED (Single Minute Exchange of Die). El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos o bajar aún más el tiempo en el que está establecido el cambio de modelo. (Shingo, 1985)

3.6 Origen de SMED

El concepto fue desarrollado por Shigeo Shingo, ingeniero industrial y consultor de Toyota. En los años 50. (Shingo, 1985)

3.7 Actividades internas SMED

Cualquier tipo de operación que esté involucrada en el proceso y que ésta no se pueda realizar mientras la máquina está en funcionamiento. (Shingo, 1985)

3.8 Actividades externas SMED

Cualquier tipo de operación que esté involucrada en el proceso y que ésta sí se pueda realizar mientras la máquina está en funcionamiento. (Shingo, 1985)

3.9 Cantidades para especificar y denominar lotes pequeños, medianos y grandes

Lote pequeño: ≤ 500 unidades.

Lote medio: 501–5000.

Lote grande: > 5000 . (Slack, Chambers & Johnston, 2010)

3.10 Análisis de procesos y operaciones

La producción está compuesta por procesos (flujo) y por operaciones (preparación, esenciales, auxiliares, margen). El SMED actúa sobre las operaciones de preparación para alterar la relación tiempo-lote/ producción. (Shingo, 1985)

3.11 Separación interno/externo

Identificar y clasificar todas las acciones del cambio en internas o externas; este acto conceptual es la clave para la mejora. (Shingo, 1985)

3.12 Conversión de internas y externas

Siempre que sea posible convertir operaciones internas en externas mediante preparación anticipada, estandarización y mejora de transporte y herramientas. (Shingo, 1985)

3.13 Perfeccionamiento y estandarización

Una vez reubicadas y simplificadas las operaciones, perfeccionar mediante fijaciones funcionales, operaciones en paralelo, eliminación de ajustes y mejoras en cualquier actividad al proceso. (Shingo, 1985)

3.14 Fundamentos del SMED

Shingeo Shingo (creador del SMED) afirma que está sustentado en tres pilares:

- 1.- Un método de pensamiento básico sobre la producción.
- 2.- Un sistema realista.
- 3.- Un método práctico. (Shingo, 1985)

3.15 Etapas conceptuales del SMED. Paso a paso

Etapas preliminar (Estado inicial).

Descripción: No hay distinción sistemática entre operaciones internas y externas; el cambio no cumple con los tiempos que se requieren o se deben cumplir. (Shingo, 1985)

Resultado acorde al diagnóstico: Mapeo de actividades y tiempos actuales, registro de todo el proceso actual con los tiempos en cada actividad. (Shingo, 1985)

1ª etapa (separar internas y externas (identificación)).

Acción: Ir donde se realiza el proceso, grabar (si es posible) y listar cada acción del cambio, registrar cualquier anomalía dentro del proceso así también como registrar paros totales o parciales de máquina si es que las hay. (Shingo, 1985)

2ª etapa (convertir internas en externas (preparación preparada)).

Resultado: Reducción sustancial del tiempo que la máquina permanece inactiva. (Shingo, 1985)

3ª etapa (perfeccionar todos los aspectos, también se le denomina optimización).

Acción: Estandarizar secuencias, introducir fijaciones de “un solo toque”, operaciones en paralelo, eliminar ajustes por medio de posicionamientos números o guías. (Shingo, 1985)

Resultado: alcanzar tiempos de cambio en un solo dígito de minutos. (Shingo, 1985)

3.16 Área SEHO

El área SEHO es donde se realizan subensambles como lo son los dipolos, radiadores y Phase Shifters que van integrados en la antena cada uno con su respectiva función.

3.17 Cambiador de fase

Un cambiador de fase (o phase shifter en inglés) es un dispositivo que altera la fase de una señal de radiofrecuencia (RF) o de microondas sin cambiar su amplitud.

3.17.1 Funcionamiento del cambiador de fase

El cambiador de fase modifica la fase de una señal de manera controlada. La fase de una señal es la relación de tiempo entre el inicio de la señal y un punto de referencia, que se expresa en grados (°) o radianes.

Al variar la fase de las señales emitidas por diferentes antenas o elementos de una antena, se puede dirigir el haz de la antena en distintas direcciones, lo cual es crucial en sistemas de formación de haces (beamforming).

En los sistemas de antenas modernas, como las de telecomunicaciones 5G o las antenas satelitales, los cambiadores de fase permiten el control dinámico de la dirección del haz sin mover físicamente las antenas.

En los sistemas de antenas modernas, como las de telecomunicaciones 5G o las antenas satelitales, los cambiadores de fase permiten el control dinámico de la dirección del haz sin mover físicamente las antenas.

3.17.2 Aplicaciones de los cambiadores de fase

Antenas de Fase Adaptativa, Redes de Telecomunicaciones, Sistemas de Radar y Comunicaciones Satelitales.

3.17.3 Ventajas de los cambiadores de fase

Control Dinámico, Eficiencia del Espacio, Bajo Costo de Mantenimiento y Versatilidad.

3.17.4 Cambiadores de fase Low Band y High Band.

En el contexto de las antenas y las redes de telecomunicaciones, los cambiadores de fase LB y HB son componentes fundamentales que permiten el control de la fase de las señales en diferentes bandas de frecuencia.

La distinción entre LB y HB se refiere a las diferentes frecuencias de operación para las que están diseñados estos cambiadores de fase:

3.17.5 LB (Low Band)- Cambiador de fase de baja frecuencia:

Los cambiadores de fase LB operan en bandas de frecuencia baja, lo que permite que la señal de RF (radiofrecuencia) tenga un rango más amplio de cobertura, pero con menor capacidad de transmisión de datos.

Estos cambiadores de fase son esenciales para la cobertura en áreas extensas, especialmente en redes 4G y 5G que requieren un balance entre cobertura y velocidad. Las frecuencias bajas pueden atravesar obstáculos, como edificios, más fácilmente que las altas, lo que hace que sean cruciales para garantizar la conectividad en zonas rurales o de difícil acceso.

3.17.6 HB (High Band) – Cambiador de fase de alta frecuencia:

Los cambiadores de fase HB están diseñados para operar en bandas de frecuencia alta, que son claves para la transmisión de grandes volúmenes de datos y la mejora de la capacidad de la red.

Estas bandas suelen ser más efectivas en áreas densamente pobladas donde se necesita una alta capacidad de transmisión, ya que ofrecen mayores velocidades y menos interferencias en comparación con las frecuencias bajas. Sin embargo, las señales en estas frecuencias tienden a tener un menor alcance y mayor sustentabilidad a obstáculos físicos.

3.17.7 IMPORTANCIA DE LOS CAMBIADORES DE FASE LB Y HB EN LAS ANTENAS.

Formación de haces (Beamforming): Los cambiadores de fase LB y HB permiten ajustar la dirección del haz de la antena de manera electrónica, lo cual es esencial para mejorar la cobertura y la eficiencia de la señal. Esto es particularmente importante en tecnologías como el 5G, donde la formación de haces y el control dinámico del haz permiten una asignación más eficiente de los recursos de la red.

Mejora en la calidad de la señal: Los cambiadores de fase son fundamentales para mejorar la calidad de la señal al garantizar que las señales se transmitan de manera óptima y se dirijan a los usuarios correctos.

Esto se logra modificando la fase de las señales emitidas por diferentes antenas, asegurando que las señales sean coherentes y sin interferencias.

Reducción de interferencias: Los cambiadores de fase permiten controlar y mitigar las interferencias entre señales, lo que es vital en redes densamente pobladas o en sistemas con muchos simultáneos. Al ajustar la fase de la señal, se puede minimizar la interferencia entre los diferentes usuarios o estaciones base.

Optimización del espectro de frecuencia: La combinación de cambiadores de fase en las bandas LB y HB permite optimizar el uso del espectro de radiofrecuencia, asegurando que se utilicen las bandas de manera eficiente para proporcionar tanto cobertura amplia (con LB) como alta capacidad de datos (con HB).

3.17.8 PREENSAMBLE DE CAMBIADORES DE FASE PARA ANTENAS.

En la industria de telecomunicaciones, especialmente en la fabricación de antenas y cambiadores de fase, la precisión en el proceso de preensamble, es crucial para garantizar el correcto funcionamiento de los productos.

Los cambiadores de fase son dispositivos que modulan la fase de la señal electromagnética en las antenas, permitiendo que las señales transmitidas se ajusten para mejorar la calidad de la comunicación y la cobertura de la red.

3.18 ¿Qué es una antena?

Según el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés), la Antena se define como un dispositivo que forma parte de un sistema transmisor (Tx) o receptor (Rx) diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (OEM). Aunque las antenas presentan formas muy diversas,

todas se caracterizan por ser una región de transición de onda guiada a onda radiada al espacio libre. (IEEE, s.f.)

Transmisor:

En un sistema de transmisión, la antena convierte la señal eléctrica en ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio libre.

Receptor:

En un sistema de recepción, la antena capta las ondas electromagnéticas del espacio libre y las convierte de nuevo en una señal eléctrica.

Material:

Las antenas suelen estar hechas de metales conductores, como cobre o acero, para facilitar la conducción de la corriente eléctrica y la propagación de las ondas electromagnéticas.

3.18.1 Tipos de antenas

Los diferentes tipos de antenas que se emplean con mayor frecuencia son: antenas de hilo (dipolo, monopolo, espira circular o cuadrada y hélice), antenas de apertura (bocina, piramidal), antenas impresas o micro-tiras. (Luna, AAA)

3.18.2 Antena Isotrópica

Es una antena ficticia, no realizable físicamente, que radia con la misma intensidad en todas las direcciones del espacio. Aunque no existe ninguna antena con esas características, es muy utilizada como antena de referencia. (Balanis, 2016)

3.18.3 Antena Direccional

Esta es una antena que concentra la mayor parte de su radiación en una dirección particular. Ejemplos de estas antenas son las cornetas, los reflectores, las logarítmico-periódicas y las Yagi.

3.18.4 Antena Omnidireccional

Esta es una antena que radia uniformemente en un plano. Ejemplos de estas antenas son los monopolos y dipolos.

3.18.5 Antena de cuadro

Antena de cuadro Antena de escasa sensibilidad, formada por una bobina de una o varias espiras arrolladas en un cuadro, cuyo funcionamiento bidireccional la hace útil en radiogoniometría.

3.18.6 Antena de reflector o parabólica

Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para los radios de microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y elemento activo llamado mecanismo de alimentación.

En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal (por lo general un dipolo o una tabla de dipolo), que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector.

El reflector es un dispositivo pasivo que solo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre sí (un frente de ondas en fase). (Balanis, 2016)

3.18.7 Antena lineal

La que está constituida por un conductor rectilíneo, generalmente en posición vertical.

3.18.8 Antena multibanda

La que permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias.

3.18.9 Antenas VHF y UHF

Para clasificar las ondas de radio se toman como medida los múltiplos de diez en la longitud de onda. Por lo tanto, las ondas de VHF tienen una longitud de onda entre 1 Metro y 10 Metros mientras que las de UHF tienen una longitud de entre 10 Centímetros y un Metro.

Como la relación es que la frecuencia es igual a la velocidad de la luz dividida por la longitud de onda, entonces la banda de VHF va desde los 30 Mhz a los 300 Mhz y la de UHF va de los 300 Mhz a los 3 Ghz.

Las actuales aplicaciones en comunicaciones de punto a punto o móviles que superan los 30 Mhz son muy populares y han hecho que aparezca un gran número de antenas para estas aplicaciones. (ITU, s.f.)

3.19 Cobertura de red

La cobertura, en lo que respecta a la telefonía móvil, se trata del área geográfica en la que podemos disponer del servicio de un proveedor móvil, ya sea exterior o interior, y de voz o datos móviles. (Mas Móvil, 2024)

3.19.1 ¿Cómo funciona la cobertura de red?

Las antenas de cobertura móvil utilizan el principio de la radiación electromagnética para enviar y recibir señales. Cuando un dispositivo móvil envía una señal, la antena de la estación base recibe la información y la transmite a través de la red. (Hinforcom, 2022)

3.19.2 Tipos de cobertura

En función de los servicios de telecomunicaciones o infraestructuras establecidas se puede optar a uno u otro tipo de cobertura. (Mas Móvil, 2024)

3.19.3 2G (segunda generación)

En la década de los 90 los teléfonos pasaron de analógicos a digitales. La velocidad de datos pasó de 56 kbit/s hasta 114kbit/s permitiendo los SMS bajo el protocolo GSM y posteriormente GPRS. (Suma Móvil, 2024)

3.19.3 3G (tercera generación)

Se modifica la potencia de las antenas, aumentando las conexiones y la calidad de voz. La velocidad llega hasta los 2048 kbit/s. (Suma Móvil, 2024)

3.19.4 4G (cuarta generación)

Permite la navegación de hasta 20 megabits por segundo y la transmisión de video en tiempo real.

3.19.5 5G (quinta generación)

Permite una velocidad de hasta 20 Gbps.

3.20 Toma de tiempos

Un estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo que se utiliza para establecer el ritmo al que puede trabajar cualquier persona en una tarea específica. (Sandalwood, 2021)

3.20.1 Tiempos predeterminados

Los tiempos predeterminados son una reunión de tiempos estándares válidos asignados a movimientos fundamentales y grupos de movimientos que no pueden ser evaluados de forma precisa con cronómetro. (Rico, 2005)

3.20.2 Estudio de tiempos con cronómetro

El cronómetro manual proporciona una exactitud razonable, mientras que los relojes digitales utilizan cristales de cuarzo con alta exactitud. (Rico, 2005)

3.20.3 Cambio de modelo

El cambio de modelo es una actividad esencial dentro de los procesos de manufactura donde se producen diferentes variantes de un mismo producto, implicando preparación, ajuste y validación del nuevo modelo.

3.20.4 Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo es el intervalo total requerido para que un proceso complete una unidad de producción. (Heizer & Render, 2011)

3.20.5 Takt Time

El takt time es el ritmo al cual debe producirse un artículo para satisfacer la demanda del cliente. (Ohno, 1988)

3.21 Robots ABB

Un robot ABB puede definirse como *“un manipulador reprogramable de múltiples ejes diseñado para mover materiales, herramientas o piezas mediante trayectorias predefinidas que garantizan repetibilidad y precisión”* (ISO 8373).

En procesos como el ensamble de Phase Shifters, estos robots dependen directamente de una correcta preparación del material previo al cambio de modelo para evitar tiempos muertos.

3.22 Checklist

Un checklist se entiende como *“una lista sistemática de pasos críticos diseñada para asegurar la ejecución completa, uniforme y estandarizada de una operación, independientemente del operador”* (Gawande, 2010).

En SMED, los checklists reducen omisiones, disminuyen variabilidad y aseguran preparación externa antes del paro del robot.

3.23 Variabilidad

La variabilidad se conceptualiza como las fluctuaciones inherentes a un proceso que provocan inconsistencias en los tiempos o resultados. (Montgomery, 2013)

3.24 Base de Datos Operativa (BD SEHO)

Una base de datos operativa es un sistema organizado para almacenar, gestionar y recuperar información estructurada utilizada para la toma de decisiones. (Coronel & Morris, 2015)

3.25 Capacidad instalada

La capacidad instalada se entiende como *“el volumen máximo de producción que puede alcanzar un sistema bajo condiciones normales, considerando la disponibilidad del equipo, tiempos de cambio, eficiencia y recursos existentes”* (Heizer & Render, 2011).

Su medición permite evaluar el impacto real del SMED en SEHO.

Capítulo 4 “Desarrollo de SMED”

4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo mediante la aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), como herramienta derivada del enfoque Lean Manufacturing, con el objetivo de reducir los tiempos de cambio de modelo en el área SEHO, específicamente en los procesos relacionados con el preensamble y ensamble de Phase Shifters para antenas.

El procedimiento seguido se estructuró en una secuencia lógica de actividades que integró tanto acciones técnicas en piso de producción como actividades de capacitación, análisis de datos y estandarización documental. Estas actividades permitieron analizar el estado actual del proceso, identificar oportunidades de

mejora y proponer acciones orientadas a la reducción de tiempos muertos y a la mejora de la organización del cambio de modelo.

4.2 Difusión de la metodología SMED al personal operativo

Como primera actividad del proyecto, se elaboró y presentó una exposición introductoria sobre la metodología SMED dirigida a los operadores del área SEHO. El objetivo de esta actividad fue dar a conocer los principios básicos del SMED, la importancia de la reducción de tiempos de cambio de modelo y el impacto directo que estas mejoras tienen en la eficiencia del proceso y en la carga de trabajo del personal operativo.

Esta presentación permitió generar un entendimiento común del proyecto, así como sensibilizar a los operadores sobre la importancia de su participación activa durante la toma de tiempos, la identificación de actividades y la implementación de mejoras.

Metodología SMED

(Single-Minute Exchange of die)



• "Reducir el tiempo de cambio no solo mejora la producción, mejora la mentalidad del equipo."
— Shigeo Shingo

| EJAENUM Manuel Méndez Rivera | 2025-10-08 | Ericsson Internal | Page 1 of 8



Imagen 8 Presentación SMED

¿QUÉ ES SMED Y CUAL ES SU OBJETIVO?



- El SMED es una metodología de Lean Manufacturing, cuyo objetivo es reducir los tiempos de cambio de herramienta o preparación en una máquina o proceso productivo, buscando que estos cambios se realicen en menos de 10 minutos.



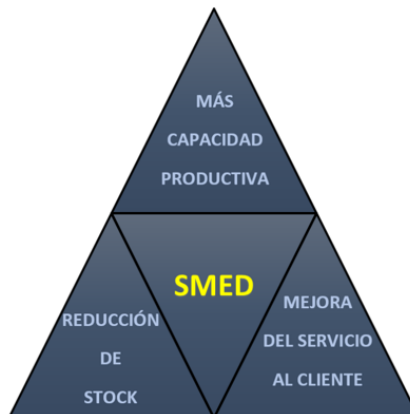
| EJAENUM Manuel Méndez Rivera | 2025-10-08 | Ericsson Internal | Page 2 of 8

Imagen 9 Presentación SMED

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL SMED?



- El tiempo de cambio es tiempo perdido de producción. Mientras una máquina o personal están detenidos, no se fabrica nada.



- Razones por las cuales SMED es una metodología muy importante:
- Aumenta la productividad.
- Reduce los tiempos muertos y desperdicios.
- Permite producir en lotes más pequeños.
- Mejora la flexibilidad.
- Disminuye inventarios y costos

| EJAENUM Manuel Méndez Rivera | 2025-10-08 | Ericsson Internal | Page 3 of 8

Imagen 10 Presentación SMED

ETAPAS DEL SMED



- **1** Observar y registrar el proceso actual.
- **2** Separar actividades internas y externas.
- **3** Convertir actividades internas en externas.
- **4** Reducir y simplificar todas las actividades

- **1** : Se analiza detalladamente cómo se realiza el cambio actualmente.
- **2** Internas: Se hacen solo con la máquina a detenida.
- Externas: Se pueden hacer mientras la máquina sigue trabajando.
- **3** Buscar formas de preparar más cosas antes de detener la máquina.
- **4** Una vez separadas y convertidas, se optimiza cada paso.

| EJAENUM Manuel Méndez Rivera | 2025-10-08 | Ericsson Internal | Page 4 of 8

Imagen 11 Presentación SMED

4.3 Delimitación del área de estudio

El área seleccionada para el desarrollo del proyecto fue SEHO, donde se realizan subensambles como dipolos, radiadores y Phase Shifters que posteriormente son integrados en las antenas. En esta área se identificó una alta frecuencia de cambios de modelo, así como variabilidad en los tiempos de preparación, lo que impacta directamente en la eficiencia del proceso.

La selección del área se realizó debido a su relevancia dentro del proceso productivo, al uso de robots ABB en ciertas operaciones y a la necesidad de asegurar una preparación adecuada del material previo a cada cambio de modelo.

4.4 Levantamiento de información y toma de tiempos

Posteriormente, se realizó el levantamiento de información del proceso actual de cambio de modelo mediante la observación directa en piso de producción, entrevistas informales con operadores y personal técnico, así como la revisión de registros existentes.

Como parte fundamental de esta etapa, se llevó a cabo la toma de tiempos utilizando una plantilla diseñada en Microsoft Excel, en la cual se registraron los tiempos de cada actividad involucrada en el cambio de modelo. Esta herramienta permitió capturar de forma ordenada información como fecha, operador, máquina, modelo, antena, tiempo de ciclo y duración del cambio de modelo.

ESTADO ACTUAL CAMBIO DE MODELO ABB LB, ABB HB TIEMPOS TOMADOS



#	ACTIVIDAD OBSERVADA	Minutos/Segundos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
1	Materialista pasa el carro con los cables del modelo a trabajar y hace el acomodo correcto.	minutos	4.11	3.47	4.25	5.18	3.3	3.5	3.31	4.38	4.22	4.37	3.99
2	Actualizan IMD en monitor	segundos	22.65	25.33	22.15	29.13	45.21	27.22	37.18	33.19	46.11	32.05	32.02
3	Validan información de cables (De acuerdo a la master)	minutos	6.03	6.35	5.21	6.11	5.25	6.07	6.33	5.44	5.55	6.13	5.85
4	Se realizó pieza "Master"	minutos	12.22	12.32	12.31	11.37	12.44	12.11	12.2	12.6	12.43	11.45	12.15
5	Se valida la primera pieza después de la master.	minutos	4.02	4.55	6.11	6.55	4.11	7.04	5.32	4.58	5.02	6.33	5.36

TIEMPO INICIAL

OCTUBRE 2025

Speaker name

Organization

YYYY-MM-DD

Imagen 12 Tiempos iniciales en área ensamble ABB

4.5 Documentación del proceso actual de cambio de modelo.

Con la información obtenida, se documentó el proceso completo de cambio de modelo, registrando de manera detallada cada una de las actividades realizadas antes, durante y después del paro del equipo. Esta documentación permitió identificar la secuencia real de trabajo, los tiempos asociados a cada actividad y la interacción entre operadores y equipos.

Para apoyar esta etapa, se elaboró una presentación en PowerPoint donde se describieron los puntos actuales del cambio de modelo, incluyendo actividades críticas, tiempos prolongados y áreas con falta de estandarización.

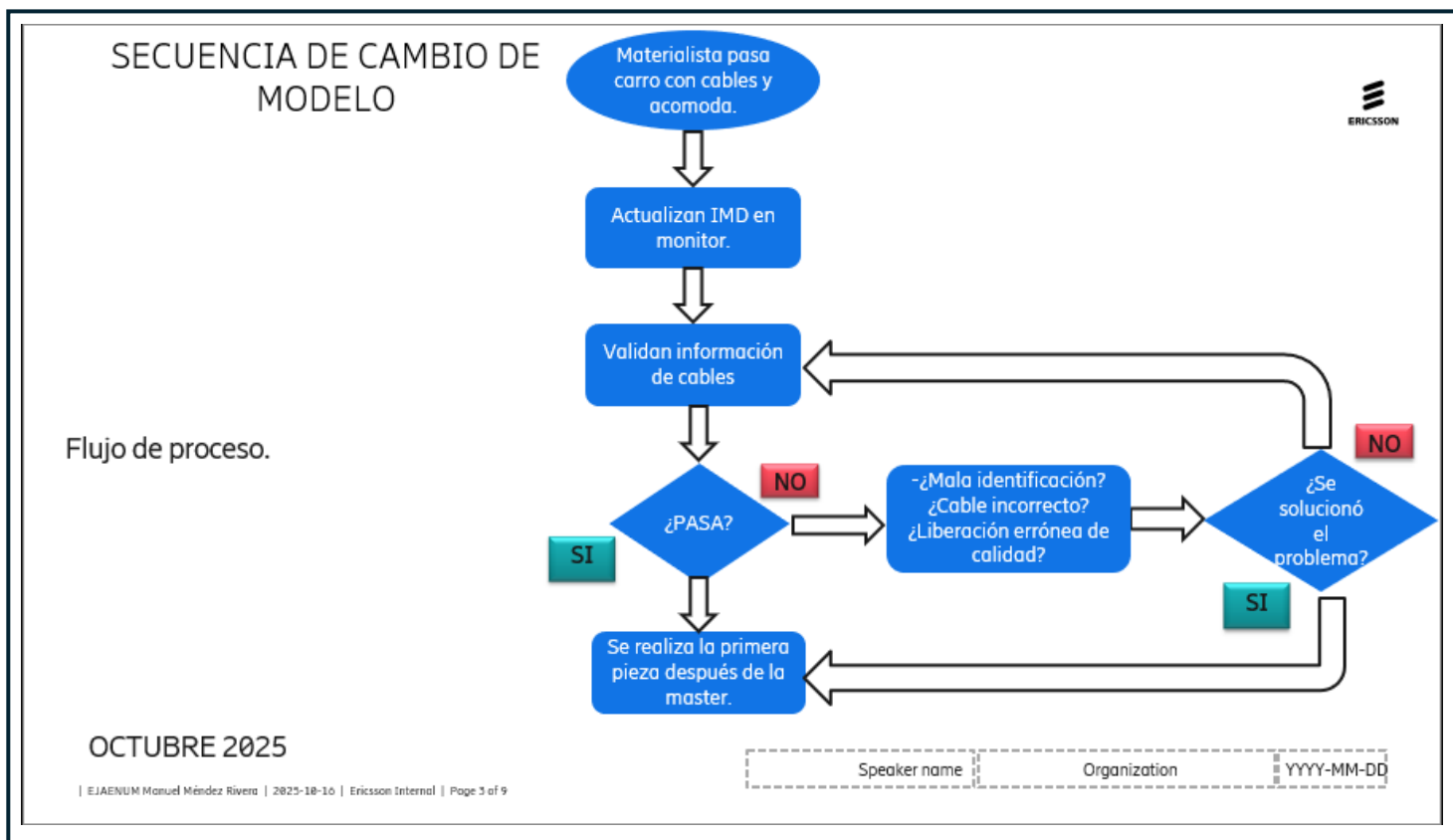


Imagen 13 Diagrama de flujo del área ensamble ABB

4.6 Clasificación de actividades internas y externas

Una vez documentado el proceso, se procedió a clasificar las actividades del cambio de modelo en internas y externas, de acuerdo con los principios de la metodología SMED. Las actividades internas fueron aquellas que requerían necesariamente el paro del equipo, mientras que las actividades externas correspondieron a aquellas que podían realizarse con la máquina en operación.

Esta clasificación permitió identificar oportunidades claras para reducir el tiempo de paro del equipo mediante la reubicación de actividades fuera del tiempo de cambio.

4.7 Uso y consolidación de la base de datos operativa (BD SEHO)

Toda la información obtenida durante la toma de tiempos y el análisis del proceso fue concentrada en la base de datos operativa del área SEHO. Esta base de datos permitió almacenar de manera estructurada los registros de tiempos de ciclo, duración de cambios de modelo, actividades internas y externas, paros de máquina y observaciones relevantes del proceso.

La base de datos se utilizó como una herramienta clave para el análisis cuantitativo del proyecto, ya que permitió comparar el desempeño del proceso antes y después de la aplicación del SMED, así como identificar tendencias y variabilidad en los tiempos registrados.

BASE DE DATOS "SEHO"

Nombre de operador Guadalupe

Fecha 07/12/2025

Hora inicio 07:15:00 a. m.

Modelo HB 1640000556R1B

Robot ABB_HIGH_BAND

Pzas a producir 250

Antena 800372991R1A

Modelo LB

Hora estimada a terminar

12:07:30 a. m.

REGISTRAR

Base 6
Fecha de inicio: 13-Mar-25
Editor: J. Muñoz

CAMBIADORES DE FASE ALTA FRECUENCIA						
ANTENA	ENSAMBLE PHASE SHOTTER HIGH BAND	CANTIDAD PHASE SHOTTER ANTENA	CANTIDAD DE CABLES	PCBA HIGH BAND	PRINTED BOARD/PCB BSL	PRINTED BOARD/PCB BSL
800372991R1A	1640000556R1B	2	8	1500000131R1B	F0300000131R1A	F0300000131R1A
	1640000556R1B	2				
	1640000556R1B	2	9	1500000131R1B	F0300000205R1A	F0300000205R1A
800400965R1A 800400965R1B	RFK2180791A	2				
	RFK2180791A	2	15	1500000350R1A	F0300000413R1A	F0300000429R1A
	RFK2180791A	2				
800400966R1D	RFK2180791A	2	15	1500000350R1A	F0300000413R1A	F0300000429R1A
	RFK2180791A	2				
	RFK2180791A	2	14	1500000350R1D	F0300000413R1A	F0300000429R1C
800509646R1D 800509646R1F	RFK2180791A	2				
	RFK2180791A	2				

Base 8
Fecha de inicio: 13-Mar-25
Editor: J. Muñoz

CAMBIADORES DE FASE BAJA FRECUENCIA						
ANTENA	ENSAMBLE PHASE SHOTTER LOW BAND	CANTIDAD PILA POR ANTENA	CANTIDA D DE CABLES	PRE-ENSAMBLE PHASE SHOTTER LOW BAND	STRUPLINE	ARC5 JIG/PRE ASSY
800372991R1A	1640000556R1B	2				
	1640000556R1B	2	9	1690002111R1B	F0300000070R1A	4010000217
	RFK2180791A	1				
800400965R1A 800400965R1B	RFK2180791A	1				
	RFK2180791A	1	8	1690002341R1A	RF090109152R1A	LTK384768
	RFK2180791A	1				
800400966R1D	RFK2180791A	2	10	RFK2180791B	RFK001200R1A	4010000217
	RFK2180791A	2				
	RFK2180791A	1				

>
Control
Base de datos
TiempoCiclo
RegistrosDiarios
+
⋮

Imagen 14 Interfaz de base de datos "SEHO"

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nombre del operador/a	Robot	Antena	Modelo LB	Modelo HB	Tiempo Ciclo (minuto/pieza)	Pzas a producir	Fecha	Hora inicio	Hora estimada a terminar
Marina	ABB_LOW_BAND	800372991R1A	1640000550R1B		4.05	320	13/12/2025	01:25:00 p. m.	11:01:00 a. m.
Lidia	ABB_LOW_BAND	800372991R1A	1640000551R1B		4.01	320	13/12/2025	08:56:00 a. m.	06:19:12 a. m.
Guadalupe	ABB_LOW_BAND	840480965R1A	RFK21085R1A		3.43	320	13/12/2025	07:15:00 a. m.	01:32:36 a. m.
Norma	ABB_LOW_BAND	840480965R1A	RFK21088R1A		3.24	320	13/12/2025	08:15:00 a. m.	01:31:48 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1A	RFK210009R1A		3.46	320	13/12/2025	09:15:00 a. m.	03:42:12 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1A	RFK210010R1A		3.21	320	13/12/2025	10:15:00 a. m.	03:22:12 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1B	RFK21085R1A		3.02	320	13/12/2025	11:15:00 a. m.	03:21:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1B	RFK21088R1A		3.11	320	13/12/2025	12:15:00 p. m.	04:50:12 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1B	RFK210009R1A		3.42	320	13/12/2025	01:15:00 p. m.	07:29:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480965R1B	RFK210010R1A		3.42	320	13/12/2025	02:15:00 p. m.	08:29:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480966R1D	RFK21034R1A		3.12	320	13/12/2025	03:15:00 p. m.	07:53:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840480966R1D	RFK21037R1A		3.14	320	13/12/2025	04:15:00 p. m.	08:53:48 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840530966KR1D	RFK210603R1A		3.12	320	13/12/2025	05:15:00 p. m.	09:53:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840530966KR1D	RFK210604R1A		3.17	320	13/12/2025	06:15:00 p. m.	11:09:24 a. m.
	ABB_LOW_BAND	840530966KR1D	RFK210612R1A		3.11	320	13/12/2025	07:15:00 p. m.	11:50:12 a. m.

Imagen 15 Base de datos “SEHO”

4.8 Conversión de actividades internas a externas

Con base en la información analizada y los registros de la base de datos, se evaluaron las actividades internas con el objetivo de convertirlas en actividades externas siempre que fuera posible. Para ello, se propuso la preparación anticipada de materiales, herramientas y herramentales, así como una mejor organización del área de trabajo.

#Actividad	Actividad	Tipo de Actividad
1	Materialista pasa el carro con los cables del modelo a trabajar y hace el acomodo.	 Externa
2	Actualizan IMD en monitor.	 Interna
3	Validan información de cables.	 Interna
4	Se realiza la pieza “Máster”.	 Interna
5	Se valida la primera pieza después de la master.	 Interna

| EJAENUM Manuel Méndez Rivera | 2025-10-16 | Ericsson Internal | Page 7 of 9

Imagen 16 Anotaciones del estado actual del proceso ensamble ABB

Esta etapa permitió reducir de manera significativa el tiempo en el que el equipo permanece inactivo durante el cambio de modelo.

4.9 Estandarización del proceso de cambio de modelo

Una vez implementadas las mejoras propuestas, se trabajó en la estandarización del proceso de cambio de modelo.

La estandarización contribuyó a reducir la variabilidad entre operadores y a asegurar la repetibilidad del proceso.

4.10 Evaluación y seguimiento del procedimiento

Finalmente, se realizó una evaluación del procedimiento aplicado mediante el análisis de los datos registrados en la base de datos operativa. Esta evaluación permitió verificar el impacto de la metodología SMED y establecer un seguimiento continuo del desempeño del proceso.

La información obtenida sirvió como base para el apartado de resultados y análisis posterior del proyecto.

Capítulo 5 “Resultados”

5.1 Desempeño del proceso posterior a la implementación

El presente apartado concentra de manera detallada los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, sustentados principalmente en la información registrada y analizada a través de la base de datos operativa del área SEHO. Los resultados presentados permiten evaluar el impacto real de la aplicación de la metodología SMED, así como su relación con indicadores de producción, mantenimiento y aprovechamiento de la capacidad instalada.

5.2 Resultados del diagnóstico inicial del proceso

A partir del análisis del estado inicial del proceso de cambio de modelo, se identificaron tiempos elevados de paro del equipo, alta variabilidad entre cambios similares y ausencia de una secuencia estandarizada de actividades. Estos resultados se obtuvieron mediante la observación directa en piso de producción y el análisis de los primeros registros capturados en la base de datos.

El diagnóstico inicial evidenció que una parte significativa del tiempo total del cambio de modelo estaba asociada a actividades que no agregan valor, como esperas, movimientos innecesarios y preparación reactiva de materiales.

#	ACTIVIDAD OBSERVADA	Minutos/Segundos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
1	Materialista pasa el carro con los cables del modelo a trabajar y hace el acomodo correcto.	minutos	4.11	3.47	4.25	5.18	3.3	3.5	3.31	4.38	4.22	4.37	3.99
2	Actualizan IMD en monitor	segundos	22.65	25.33	22.15	29.13	45.21	27.22	37.18	33.19	46.11	32.05	32.02
3	Validan información de cables (De acuerdo a la master)	minutos	6.03	6.35	5.21	6.11	5.25	6.07	6.33	5.44	5.55	6.13	5.85
4	Se realizó pieza "Master"	minutos	12.22	12.32	12.31	11.37	12.44	12.11	12.2	12.6	12.43	11.45	12.15
5	Se valida la primera pieza después de la master.	minutos	4.02	4.55	6.11	6.55	4.11	7.04	5.32	4.58	5.02	6.33	5.36
TIEMPO INICIAL													

Imagen 17 Comparativa de tiempos iniciales vs finales

#	ACTIVIDAD OBSERVADA	Minutos/Segundos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
1	Materialista pasa el carro con los cables del modelo a trabajar y hace el acomodo correcto.	minutos	3.02	3.54	3.12	3.22	3.01	3.1	3.45	3.11	3.09	3.1	3.18
2	Actualizan IMD en monitor	segundos	15.2	11.2	10.1	10.3	12.4	12	9.21	11.2	9.3	10.2	11.11
3	Validan información de cables (De acuerdo a la master)	minutos	4.03	4.32	4.21	4.53	4.01	5.1	4.41	5.1	4.11	4.43	4.43
4	Se realizó pieza "Master"	minutos	9.2	9.21	8.43	8.5	8.12	8.31	9.12	8.31	8.4	8.12	8.57
5	Se valida la primera pieza después de la master.	minutos	4.53	4.21	5.12	4.1	4.11	4.55	5.42	4.58	5.21	5.2	4.70
TIEMPOS DESPUÉS DE APLICAR SMED													

Imagen 18 Tiempos después de aplicar SMED

5.3 Resultados del análisis de tiempos de cambio de modelo

Con base en los datos registrados en la base de datos antes y después de la aplicación de la metodología SMED, se observó una reducción progresiva en la duración de los cambios de modelo. Esta reducción se atribuye principalmente a la conversión de actividades internas a externas y a la preparación anticipada de herramientas y materiales.

Asimismo, se identificó una disminución en la dispersión de los tiempos, lo que indica una mejora en la repetibilidad del proceso y una menor dependencia del operador.

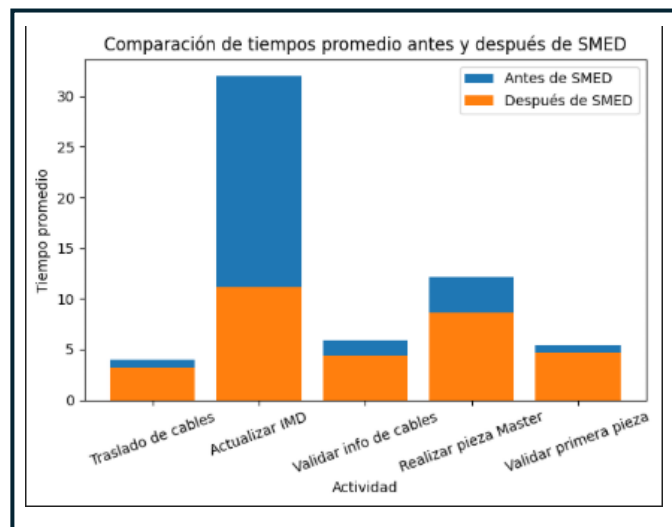


Imagen 19 Before/After SMED

5.4 Análisis comparativo de tiempos (Antes vs Después de SMED)

La gráfica que te mostré compara los **tiempos promedio** de cada actividad crítica del cambio de modelo antes y después de la aplicación de la metodología SMED.

Traslado de cables al acomodo correcto

- **Inicial:** 3.99 min
- **Después SMED:** 3.18 min
- **Reducción:** = 20 %

La mejora se asocia a una **mejor preparación externa** y organización del material antes del paro del equipo.

Actualizar IMD en monitor

- **Inicial:** 32.02 s
- **Después SMED:** 11.11 s
- **Reducción:** = 65 %

Esta es una de las **mejoras más significativas**, resultado directo de:

- Estandarización del procedimiento
- Eliminación de búsqueda y validaciones innecesarias
- Capacitación al operador

Validación de información de cables

- **Inicial:** 5.85 min
- **Después SMED:** 4.43 min
- **Reducción:** = 24 %

La reducción se logra al contar con información clara y preparada previamente, disminuyendo errores y retrabajos.

Realización de pieza “Master”

- **Inicial:** 12.15 min
- **Después SMED:** 8.57 min
- **Reducción:** = 29 %

Esta mejora se relaciona con:

- Secuencia estandarizada
- Menor tiempo de ajuste
- Mejor preparación del equipo

Este punto impacta **directamente en la capacidad instalada**.

Validación de la primera pieza

- **Inicial:** 5.36 min
- **Después SMED:** 4.70 min
- **Reducción:** = 12 %

Aunque la reducción es menor, muestra **mayor estabilidad del proceso** y menos correcciones posteriores.

Impacto SMED

- Tiempo total inicial: =27.35 min
- Tiempo total después de SMED: =20.88 min
- Reducción total: = 23–25 % del tiempo de cambio

5.5 Resultados obtenidos a partir de la base de datos operativa

La creación y uso de la base de datos operativa permitió consolidar información clave del proceso, incluyendo tiempos de ciclo, duración de cambios de modelo, paros de máquina, operador, máquina y tipo de antena. Esta información facilitó un análisis histórico y comparativo del desempeño del proceso.

Gracias a la base de datos, fue posible identificar patrones de comportamiento, modelos con mayor tiempo de preparación y actividades recurrentes que generaban retrasos en el proceso. Estos resultados respaldan de manera objetiva las decisiones de mejora implementadas.

BASE DE DATOS "SEHO"

Nombre de operador: Guadalupe

Fecha: 07/12/2025

Hora inicio: 07:15:00 a. m.

Robot: ABB_HIGH_BAND

Pzas a producir: 250

Antena: 800372991R1A

Modelo HB: 1640000556R1B Modelo LB:

Hora estimada a terminar: 12:07:30 a. m.

REGISTRAR

CAMBIADORES DE FASE ALTA FRECUENCIA						
ANTENA	ENSAMBLE PHASE SHIFTER HIGH BAND	CANTIDAD POR ANTENA	CANTIDAD DE CABLES	PCBA HIGH BAND	PRINTED BOARD/PCB EEL	PRINTED BOARD/PCB EEL
800372991R1A	1640000556R1B	2	8	150000015R1B	FE300000015R1A	FE300000015R1A
	1640000556R1B	9				
	1640000556R1B	2				
	1640000556R1B	2	9	150000015R1B	FE300000015R1A	FE300000015R1A
800372991R1A	RFK2100001R1A	2	10	150000015R1A	FE300000015R1A	FE300000015R1A
	RFK2100001R1A	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	2	10	150000015R1A	FE300000015R1A	FE300000015R1A
	RFK2100001R1A	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	2	10	150000015R1A	FE300000015R1A	FE300000015R1A
	RFK2100001R1A	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	2	14	150000015R1A	FE300000015R1A	FE300000015R1A
	RFK2100001R1A	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	2				
	RFK2100001R1A	2				

CAMBIADORES DE FASE BAJA FRECUENCIA						
ANTENA	ENSAMBLE PHASE SHIFTER LOW BAND	CANTIDAD POR ANTENA	CANTIDAD DE CABLES	PRE-ENSAMBLE PHASE SHIFTER LOW BAND	STRUTLINE	ARCS JOG PRE ASY
800372991R1A	1640000556R1B	2	9	160000211R1B	FE300000015R1A	4010000211
	1640000556R1B	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	1				
	RFK2100001R1A	1	8	160000211R1A	RFK2100001R1A	LT0304760
800372991R1A	RFK2100001R1A	1				
	RFK2100001R1A	1				
800372991R1A	RFK2100001R1A	2	10	RFK2100001R1B	RFK2100001R1A	4010000211
	RFK2100001R1A	2				
800372991R1A	RFK2100001R1A	1				
	RFK2100001R1A	1				

>

Control
Base de datos
TiempoCiclo
RegistrosDiarios
+

◀

Imagen 20 Interfaz de Base de Datos "SEHO" datos ABB HB

	A	B	C	D
1	Robot	Modelo	Antena	TiempoCiclo(minutos)
2	ABB_LOW_BAND	1640000550R1B	800372991R1A	4.05
3	ABB_LOW_BAND	1640000551R1B	800372991R1A	4.01
4	ABB_LOW_BAND	RFK21085R1A	840480965R1A	3.43
5	ABB_LOW_BAND	RFK21088R1A	840480965R1A	3.24
6	ABB_LOW_BAND	RFK210009R1A	840480965R1A	3.46
7	ABB_LOW_BAND	RFK210010R1A	840480965R1A	3.21
8	ABB_LOW_BAND	RFK21085R1A	840480965R1B	3.02
9	ABB_LOW_BAND	RFK21088R1A	840480965R1B	3.11
10	ABB_LOW_BAND	RFK210009R1A	840480965R1B	3.42
11	ABB_LOW_BAND	RFK210010R1A	840480965R1B	3.42
12	ABB_LOW_BAND	RFK21094R1A	840480966R1D	3.12
13	ABB_LOW_BAND	RFK21097R1A	840480966R1D	3.14
14	ABB_LOW_BAND	RFK210603R1A	840590966KR1D	3.12
15	ABB_LOW_BAND	RFK210604R1A	840590966KR1D	3.17
16	ABB_LOW_BAND	RFK210612R1A	840590966KR1D	3.11
17	ABB_LOW_BAND	RFK210613R1A	840590966KR1D	3.12
18	ABB_LOW_BAND	RFK210603R1A	840590966KR1F	3.54

Control | Base de datos | **TiempoCiclo** | RegistrosDiarios | +

Imagen 23 Interfaz de hoja “TiempoCiclo” de cada modelo existente LB.

	Robot	Modelo	Antena	TiempoCiclo(minutos)
90	ABB_HIGH_BAND	RFK2100550R1A	KRE1012487/1R1D	4.32
91	ABB_HIGH_BAND	RFK2100551R1A	KRE1012487/1R1D	4.32
92	ABB_HIGH_BAND	RFK2100552R1A	KRE1012487/1R1D	4.41
93	ABB_HIGH_BAND	RFK2100493R1A	KRE1012526/1R1B	4.16
94	ABB_HIGH_BAND	RFK2100494R1A	KRE1012526/1R1B	4.11
95	ABB_HIGH_BAND	RFK2100495R1A	KRE1012526/1R1B	4.51
96	ABB_HIGH_BAND	RFK2100496R1A	KRE1012526/1R1B	5.1
97	ABB_HIGH_BAND	RFK2100452R1A	KRE1012527/1R1C	4.14
98	ABB_HIGH_BAND	RFK2100453R1A	KRE1012527/1R1C	4.51
99	ABB_HIGH_BAND	RFK2100463R1A	KRE1012527/1R1C	5.3
100	ABB_HIGH_BAND	RFK2100464R1A	KRE1012527/1R1C	4.12
101	ABB_HIGH_BAND	RFK2100515R1A	KRE1012527/1R1C	5.22
102	ABB_HIGH_BAND	RFK2100516R1A	KRE1012527/1R1C	4.2
103	ABB_HIGH_BAND	RFK2100452R1A	KRE1012540/1R1A	5.02
104	ABB_HIGH_BAND	RFK2100453R1A	KRE1012540/1R1A	4.12
105	ABB_HIGH_BAND	RFK2100452R1A	KRE1012540/1R1C	4.55
106	ABB_HIGH_BAND	RFK2100453R1A	KRE1012540/1R1C	5.1
107	ABB_HIGH_BAND	RFK2100553R1A	KRE1012586/1R1F	4.32

Control | Base de datos | **TiempoCiclo** | RegistrosDiarios | +

Imagen 24 Interfaz de hoja “TiempoCiclo” de cada modelo existente HB.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Fecha ▼	Operaria ▼	Robot ▼	Modelo LB ▼	Modelo HB ▼	Antena ▼	Pzas a produc ▼	Hora inicio ▼	Hora estimada a termina ▼
29/11/2025	Norma	ABB_HIGH_BAND		RFK2100458R1B	KRE1012585/1R1B	100	07:10:00 a. m.	12:42:00 p. m.
30/11/2025	Lidia	ABB_LOW_BAND		RFK210608R1A	840590966KR1D	110	07:10:00 a. m.	01:15:12 p. m.
30/11/2025	Lidia	ABB_LOW_BAND		RFK210608R1A	840590966KR1D	220	07:10:00 a. m.	07:20:24 p. m.
30/11/2025	Norma	ABB_HIGH_BAND		RFK21093R1A	840480965R1A	720	07:10:00 a. m.	11:00:24 p. m.
01/12/2025	Norma	ABB_HIGH_BAND		RFK21093R1A	840480965R1A	450	07:10:00 a. m.	08:04:00 a. m.
01/12/2025	Norma	ABB_HIGH_BAND		RFK21093R1A	840480965R1A	376	07:10:00 a. m.	05:10:00 a. m.
02/12/2025	Lidia	ABB_LOW_BAND	RFK210588R1A		KRE1012473/2R1A	320	08:55:00 a. m.	04:55:00 p. m.
02/12/2025	Guadalupe	ABB_HIGH_BAND		RFK21092R1A	840480965R1B	37	08:55:00 a. m.	06:10:00 p. m.
04/12/2025	Lidia	ABB_LOW_BAND	RFK210009R1A		840480965R1B	54	07:10:00 a. m.	08:40:00 p. m.
04/12/2025	Lidia	ABB_LOW_BAND	RFK210009R1A		840480965R1B	54	07:10:00 a. m.	08:40:00 p. m.

Imagen 25 Registros hechos por Base de Datos “SEHO”

La base de datos desarrollada durante el proyecto concentró información integral del proceso productivo, incluyendo **todos los modelos de antena fabricados**, los distintos tipos de antena, las **operarias involucradas**, así como los **tiempos ciclo correspondientes a cada modelo**. Esta información permitió contar con un registro completo y estructurado del comportamiento real del proceso.

El registro sistemático de los tiempos ciclo de las antenas facilitó el análisis comparativo entre modelos, turnos y operarias, permitiendo identificar variaciones y comportamientos recurrentes dentro del proceso productivo. De esta manera, la base de datos se convirtió en una herramienta clave para el control y análisis del desempeño del proceso.

Uno de los aportes más relevantes de la base de datos fue la incorporación de **cálculos automáticos para determinar la hora estimada de término de las piezas**, con base en los tiempos ciclo registrados y la cantidad de producción programada. Esta funcionalidad permitió anticipar con mayor precisión el momento en que finalizaría un modelo y, en consecuencia, **planear con anticipación el cambio de modelo**.

Gracias a esta información, fue posible coordinar de mejor manera las actividades de preparación externa, evitando improvisaciones y reduciendo tiempos muertos durante el cambio de modelo. Asimismo, la visualización anticipada de la hora de término contribuyó a una mejor comunicación entre las áreas de producción y mantenimiento, facilitando la programación de ajustes, cambios de punta y actividades de TPM sin afectar la continuidad del proceso.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que la base de datos no solo funcionó como un medio de registro, sino como una **herramienta de apoyo a la toma de decisiones**, permitiendo una gestión más eficiente del tiempo y fortaleciendo la aplicación de la metodología SMED en el área SEHO.

5.6 Resultados derivados del uso de la base de datos para la gestión de mantenimiento

Mediante el uso de la base de datos operativa fue posible visualizar y calcular la hora estimada de término de piezas, a partir de los tiempos registrados y los cálculos realizados dentro de la propia base de datos. Esta información permitió contar con una referencia clara y confiable sobre la duración real de los procesos.

Con base en estos datos, se logró una mejor distribución y planeación de los tiempos destinados a actividades de mantenimiento, particularmente en los cambios de punta de los robots ABB y en la programación de actividades de TPM. La disponibilidad de información actualizada facilitó la coordinación entre producción y mantenimiento, reduciendo interferencias con el proceso productivo.

El uso de la base de datos permitió anticipar ventanas de intervención más adecuadas, evitando paros innecesarios y mejorando la organización de las actividades de mantenimiento. Estos resultados evidencian que la información generada contribuyó a una gestión más eficiente del tiempo y de los recursos disponibles.

	E	F	G	H	I	J
1	Modelo HB ~	Tiempo Ciclo (minuto/pieza) ~	Pzas a producir ~	Fecha ~	Hora inicio ~	Hora estimada a terminar ~
2		4.05	320	13/12/2025	01:25:00 p. m.	11:01:00 a. m.
3		4.01	423	13/12/2025	08:56:00 a. m.	01:12:14 p. m.
4		3.43	230	13/12/2025	07:15:00 a. m.	08:23:54 p. m.
5		3.24	400	13/12/2025	08:15:00 a. m.	05:51:00 a. m.
6		3.46	310	13/12/2025	09:15:00 a. m.	03:07:36 a. m.
7		3.21	540	13/12/2025	10:15:00 a. m.	03:08:24 p. m.
8		3.02	442	13/12/2025	11:15:00 a. m.	09:29:50 a. m.
9		3.11	134	13/12/2025	12:15:00 p. m.	07:11:44 p. m.
10		3.42	432	13/12/2025	01:15:00 p. m.	01:52:26 p. m.
11		3.42	521	13/12/2025	02:15:00 p. m.	07:56:49 p. m.
12		3.12	540	13/12/2025	03:15:00 p. m.	07:19:48 p. m.
13		3.14	433	13/12/2025	04:15:00 p. m.	02:54:37 p. m.
14		3.12	320	13/12/2025	05:15:00 p. m.	09:53:24 a. m.
< > Control Base de datos TiempoCiclo RegistrosDiarios + : ◀						

Imagen 26 Horas estimadas a terminar de acuerdo a piezas a producir

5.7 Aprovechamiento de la capacidad instalada

Como resultado de la reducción de tiempos muertos durante los cambios de modelo, se logró un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada del proceso. Antes de la implementación del SMED, la capacidad disponible no era utilizada al 100% debido a los paros prolongados asociados al cambio de modelo.

Posterior a la implementación de las mejoras, se incrementó el tiempo efectivo de operación del equipo, permitiendo una mayor producción con los recursos existentes.

Datos base del proceso

- **Tiempo disponible por turno:** 9.5 horas (570 minutos)
- **Cambios de modelo por día:** 2
- **Tiempo ciclo por pieza:**
 - Low Band: **3 minutos**
 - High Band: **4 minutos**

Comparación del uso de la capacidad instalada

Tiempo muerto por cambios de modelo

- **Antes de SMED:**
 $27.35 \text{ min} \times 2 \text{ cambios} = \mathbf{54.70 \text{ min/turno}}$
- **Después de SMED:**
 $20.88 \text{ min} \times 2 \text{ cambios} = \mathbf{41.76 \text{ min/turno}}$

Tiempo recuperado

- **Tiempo recuperado por turno:**
12.94 minutos

Este tiempo recuperado corresponde directamente a **tiempo productivo adicional**, sin necesidad de incrementar recursos ni infraestructura.

Impacto en la capacidad productiva

Con el tiempo recuperado por turno se obtiene el siguiente potencial productivo:

- **Low Band:**
 $12.94 \text{ min} \div 3 \text{ min/pieza} = \mathbf{4 \text{ piezas adicionales}}$
- **High Band:**
 $12.94 \text{ min} \div 4 \text{ min/pieza} = \mathbf{3 \text{ piezas adicionales}}$

Esto demuestra que la aplicación de SMED permitió **incrementar el aprovechamiento de la capacidad instalada**, al reducir tiempos improductivos asociados a los cambios de modelo.

Relación con la base de datos

El uso de la base de datos fue determinante para este resultado, ya que permitió:

- Registrar los **tiempos reales de cambio de modelo**
- Calcular la **hora estimada de término de las piezas**
- **Anticipar los cambios de modelo**
- Preparar actividades externas, cambios de punta en ABB y TPM

Gracias a esta información, la capacidad instalada dejó de utilizarse de forma reactiva y pasó a gestionarse de manera **planificada y anticipada**.

5.8 Resultados relacionados con la adquisición del nuevo TRA para el robot Low Band

Durante el análisis de los registros de mantenimiento y paros de equipo contenidos en la base de datos operativa, se identificó que uno de los robots ABB del área Low Band no contaba con un TRA funcional, lo que generaba paros recurrentes y afectaba la continuidad del proceso productivo.

Al revisar la información técnica del equipo, se detectó que el modelo de TRA original instalado en el robot ya no se encontraba disponible en el mercado, lo que impedía su reposición directa. Ante esta situación, se realizó un análisis comparativo de alternativas técnicas compatibles con el robot ABB, considerando características como capacidad, compatibilidad eléctrica, disponibilidad comercial y tiempo de entrega.

Como resultado de este análisis, se seleccionó el modelo de TRA más adecuado para sustituir al original, asegurando su correcta integración con el robot y su operación dentro de los parámetros requeridos por el proceso. Esta actividad incluyó el apoyo en la toma de decisión para la compra del nuevo TRA, basándose en criterios técnicos y en la información histórica registrada en la base de datos.

Posterior a la adquisición e instalación del nuevo TRA, se observó una reducción en los paros asociados al robot Low Band, así como una mejora en la estabilidad del proceso y en la disponibilidad del equipo. Estos resultados confirman que la selección adecuada del TRA contribuyó de manera directa a la mejora del desempeño del sistema.

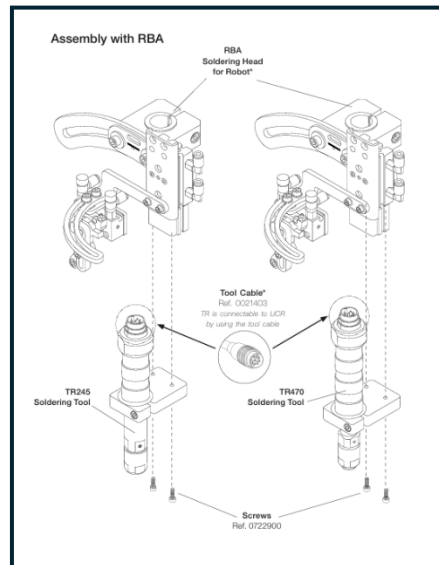


Imagen 27 TRA JBC



Imagen 28 Ejemplo de cómo quedó en lugar de trabajo ABB Low Band

5.9 Resultados de estandarización y documentación del proceso

Como parte de los resultados del proyecto, se desarrollaron, secuencias de trabajo y documentación visual que apoyan la estandarización del cambio de modelo. Estas herramientas contribuyeron a reducir la variabilidad entre operadores y a asegurar la correcta ejecución de las actividades.

La estandarización permitió establecer una base sólida para la mejora continua del proceso.

5.10 Resultados globales del proyecto

De manera general, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de la metodología SMED, apoyada en el uso de una base de datos operativa, permitió reducir tiempos de cambio de modelo, mejorar la confiabilidad del proceso y optimizar el uso de la capacidad instalada.

Los resultados presentados sustentan la viabilidad técnica del proyecto y confirman el cumplimiento de los objetivos planteados en el anteproyecto.

5.11 Actividades sociales realizadas en la empresa u organización

Durante el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo actividades de carácter social y organizacional, principalmente relacionadas con la capacitación del personal operativo y la difusión de la metodología SMED. Estas actividades fomentaron la participación del personal y fortalecieron la cultura de mejora continua.

Asimismo, la interacción constante con operadores, técnicos y personal de mantenimiento permitió un intercambio de conocimientos que contribuyó al éxito del proyecto.

Capítulo 6 “Análisis final y propuestas de mejora”

6.1 Conclusiones del proyecto

El desarrollo del presente proyecto permitió demostrar que la aplicación estructurada de herramientas de **Lean Manufacturing**, particularmente la metodología **SMED**, representa una alternativa efectiva para la reducción de tiempos improductivos y la mejora del desempeño operativo en procesos de manufactura.

A partir del análisis del estado actual, la medición de tiempos y la implementación de mejoras, se logró optimizar el proceso de cambio de modelo en el área SEHO, impactando positivamente en el aprovechamiento de la capacidad instalada.

La comparación de los tiempos antes y después de la aplicación de SMED evidenció una reducción significativa en los tiempos de cambio de modelo, lo que permitió recuperar tiempo efectivo de operación sin necesidad de inversión adicional en maquinaria o personal. Este resultado confirma que muchas de las pérdidas del proceso estaban relacionadas con la falta de estandarización, planeación anticipada y preparación externa.

Un elemento clave del proyecto fue la **creación y uso de una base de datos operativa**, en la cual se integró información relevante del proceso, como modelos de antena, tipos de antena, operarias, tiempos ciclo y registros de actividades. La incorporación de cálculos automáticos para determinar la **hora estimada de término de las piezas** permitió anticipar los cambios de modelo, mejorar la coordinación entre áreas y reducir tiempos muertos asociados a la improvisación.

Asimismo, el proyecto permitió identificar que la capacidad instalada del proceso **no estaba siendo utilizada al 100 %**, principalmente debido a los tiempos prolongados de cambio de modelo. La reducción de estos tiempos se tradujo en una mayor disponibilidad del equipo y en la posibilidad de incrementar la producción potencial por turno, fortaleciendo la eficiencia global del proceso.

En conclusión, los resultados obtenidos demuestran que la combinación de análisis de datos, participación del personal operativo y aplicación de metodologías de mejora continua permite generar soluciones reales, sostenibles y alineadas a las necesidades de la operación.

6.2 Recomendaciones

Derivado de los resultados obtenidos, se recomienda **mantener y actualizar de forma continua la base de datos**, asegurando que la información de tiempos ciclo, modelos y operarias se mantenga vigente, ya que esta herramienta demostró ser fundamental para la planeación y toma de decisiones.

Se sugiere continuar con la **aplicación y estandarización de la metodología SMED**, reforzando la capacitación al personal operativo y promoviendo la separación clara de actividades internas y externas durante los cambios de modelo. De igual forma, se recomienda evaluar la posibilidad de replicar esta metodología en otros procesos o líneas de producción con características similares.

Otra recomendación importante es **fortalecer la comunicación entre las áreas de producción, mantenimiento y procesos**, utilizando la información generada en la base de datos para programar de manera anticipada cambios de punta en robots ABB, actividades de TPM y ajustes necesarios, evitando paros no planeados.

Finalmente, se recomienda fomentar una cultura de mejora continua basada en la **escucha activa del personal operativo**, ya que las operarias poseen un conocimiento profundo del proceso y sus aportaciones resultan clave para identificar oportunidades de mejora reales y aplicables.

6.3 Experiencia profesional adquirida

La realización de este proyecto representó una **experiencia profesional altamente enriquecedora**, iniciada el 4 de agosto, al permitir la aplicación directa de los conocimientos adquiridos durante la formación académica en un entorno industrial real.

La participación en el área de **Procesos y Mantenimiento** brindó una visión integral del funcionamiento del sistema productivo y de la interacción entre las distintas áreas involucradas.

Durante el desarrollo del proyecto se tuvo **contacto directo con los robots ABB**, participando en actividades relacionadas con los **cambios de punta**, así como en los **ajustes de parámetros de soldadura**, lo que permitió comprender la importancia de la correcta configuración del equipo para garantizar la calidad del producto y la estabilidad del proceso. Estas actividades fortalecieron el conocimiento práctico sobre automatización, operación de equipos y su impacto en la productividad.

Asimismo, se participó en la **implementación y apoyo a actividades de mantenimiento**, incluyendo la programación y ejecución de **TPM**, el análisis de paros y el seguimiento de indicadores como **MTTR y MTBF**, contribuyendo al control y mejora de la disponibilidad de los equipos. El manejo de estos indicadores permitió comprender su relevancia en la toma de decisiones y en la planeación de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Como parte del enfoque de mejora continua, se colaboró en la **creación de ayudas visuales**, modificaciones de **checklists operativos y de mantenimiento**, así como en el **acomodo y optimización de racks de jigs**, actividades que impactaron positivamente en el orden, la estandarización y la eficiencia del área de trabajo.

Adicionalmente, se tuvo participación en tareas administrativas y de documentación técnica, tales como la **revisión y control de facturas**, soporte en procesos de compra de componentes, y generación de documentación relacionada con modificaciones y mejoras implementadas. Estas actividades permitieron comprender la importancia del control documental y su relación con los procesos técnicos y operativos.

La interacción constante con las **operarias, supervisores e ingenieros del área SEHO** fue fundamental para el aprendizaje obtenido. La retroalimentación recibida y la disposición del personal para compartir conocimientos técnicos facilitaron la adquisición de nuevas competencias y reforzaron habilidades de comunicación, análisis y trabajo en equipo.

Un aprendizaje clave fue la importancia de **escuchar al personal operativo**, ya que su experiencia diaria en el proceso aporta información valiosa para la identificación de oportunidades de mejora.

En conjunto, esta experiencia permitió desarrollar competencias técnicas y profesionales en áreas de **procesos, mantenimiento, automatización y mejora continua**, fortaleciendo la preparación para enfrentar futuros retos dentro del ámbito industrial y consolidando una formación integral como ingeniero.

6.4 Competencias desarrolladas y/o aplicadas

Durante el desarrollo de la estadía profesional y la ejecución del proyecto en el área SEHO, se fortalecieron y aplicaron diversas competencias profesionales, técnicas y

personales, las cuales contribuyeron a la formación integral como ingeniero y al logro de los objetivos del proyecto.

6.5 Competencias técnicas

Se desarrollaron y aplicaron competencias relacionadas con el **análisis y mejora de procesos productivos**, mediante la implementación de herramientas de **Lean Manufacturing**, particularmente la metodología SMED, enfocada a la reducción de tiempos de cambio de modelo y al aprovechamiento de la capacidad instalada.

Asimismo, se fortalecieron competencias en el **manejo y análisis de datos**, a través de la creación y uso de una base de datos operativa que integró información de modelos de antena, tiempos ciclo, operarias y cálculos automáticos para la estimación de la hora de término de las piezas, apoyando la toma de decisiones y la planeación del proceso.

Se adquirieron conocimientos prácticos en **automatización y mantenimiento**, mediante la interacción directa con robots ABB, participación en cambios de punta, ajustes de parámetros de soldadura, y apoyo en actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y autónomo (TPM), así como en el seguimiento de indicadores de mantenimiento como MTTR y MTBF.

6.6 Competencias metodológicas y analíticas

Se desarrollaron competencias para la **observación, medición y análisis de tiempos**, aplicando técnicas de estudio del trabajo y análisis comparativo del estado inicial y posterior a la implementación de mejoras. Estas competencias permitieron identificar actividades internas y externas, eliminar desperdicios y proponer mejoras factibles dentro del proceso.

Asimismo, se fortaleció la capacidad para la **planeación y organización de actividades**, coordinando acciones entre producción, mantenimiento y procesos, y utilizando información basada en datos para anticipar cambios de modelo, programar ajustes y optimizar el uso de los recursos disponibles.

6.7 Competencias organizacionales y de gestión

Durante la estadía se aplicaron competencias relacionadas con la **gestión operativa**, incluyendo la elaboración y modificación de documentación técnica, checklists operativos y de mantenimiento, control de facturas y soporte en procesos de adquisición de componentes. Estas actividades permitieron comprender la importancia de la estandarización y el control documental dentro de la organización.

De igual forma, se desarrollaron competencias en la **implementación de ayudas visuales** y en la mejora del orden y la organización del área de trabajo, como el acomodo y optimización de racks de jigs, contribuyendo a la eficiencia, seguridad y estandarización del proceso.

6.8 Competencias interpersonales y profesionales

Se fortalecieron competencias de **comunicación efectiva y trabajo en equipo**, al interactuar de manera constante con operarias, supervisores e ingenieros del área SEHO. La colaboración y retroalimentación recibida facilitaron el aprendizaje continuo y la correcta ejecución del proyecto.

Asimismo, se desarrolló una **actitud profesional orientada a la mejora continua**, destacando la importancia de la escucha activa al personal operativo como fuente clave de información para la identificación de oportunidades de mejora. Esta competencia permitió integrar el conocimiento práctico de las operarias con el análisis técnico y metodológico del proyecto.

6.9 Competencias personales

Finalmente, se fortalecieron competencias personales como la **responsabilidad, adaptabilidad, capacidad de aprendizaje autónomo, pensamiento crítico y resolución de problemas**, las cuales fueron fundamentales para enfrentar los retos presentados durante la estadía y para la ejecución exitosa del proyecto.

En conjunto, las competencias desarrolladas y aplicadas durante la estadía profesional contribuyeron a una formación integral, alineada a las exigencias del entorno industrial y a los objetivos del programa educativo del Instituto Tecnológico.

Fuentes de información.

ABB Group. (s.f.). *Industrial robots and automation solutions*.
<https://new.abb.com/robotics>

Instituto Tecnológico de Apizaco. (s.f.). *Lineamientos para la elaboración de informes de residencia profesional*. Tecnológico Nacional de México.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001: Quality management systems — Requirements*. <https://www.iso.org>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001: Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*.
<https://www.iso.org>

Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.

Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press.

Shingo, S. (1989). *Study of the Toyota production system: From an industrial engineering viewpoint*. Productivity Press.

Society of Manufacturing Engineers. (2007). *Lean manufacturing principles*.
<https://www.sme.org>

Tecnológico Nacional de México. (s.f.). *Manual de lineamientos académicos-administrativos*. <https://www.tecnm.mx>

Wireman, T. (2010). *Total productive maintenance*. Industrial Press.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (2nd ed.). Free Press.