

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE
EFICIENCIA GENERAL DE LOS TORNOS CNC EN EL
ÁREA DE PARTES MAQUINADAS DE LA EMPRESA
HLX MEDICAL PRODUCTS COSTA RICA**

**Sustentante:
Gerardo Carrillo Soto**

**Tutor:
Yusselin Murcia Céspedes**


Heredia, marzo 2018

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Gerardo Carrillo Soto, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 602950140 egresado de la carrera de Ingeniería en informática de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller en informática, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Desarrollo de un sistema de medición de eficiencia general de los tornos CNC en el área de partes maquinadas de la empresa HX Medical Products Costarricense.

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 13 días del mes de febrero del año dos mil dieciocho.

 6-295-140

Firma del estudiante

Cédula

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 12 de febrero de 2018

Sra. Yenory Rojas Hernández
Ingeniería Informática
Universidad Hispanoamericana

Estimada señora:

El estudiante Gerardo Carrillo Soto, cédula de identidad número 6-0295-0140, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS TORNOS CNC EN EL ÁREA DE PARTES MAQUINADAS DE LA EMPRESA HLX MEDICAL PRODUCTS COSTA RICA**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


Yusselin Murcia Céspedes
Cédula identidad 205780828
Carné Colegio Profesional 9020

CARTA DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Carrera Ingeniería Informática

Estimado señor

El estudiante Gerardo Carrillo Soto, cédula de identidad: 6-0295-0140, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado " DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS TORNOS CNC EN EL ÁREA DE PARTES MAQUINADAS DE LA EMPRESA HLX MEDICAL PRODUCTS COSTA RICA", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Informática.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma



Nombre Ing. José Roberto Santamaría Sandoval

Cédula 1-1178-0664

CARTA DEL FILÓLOGO

Cartago, 14 de abril de 2018

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

Desarrollo de un sistema de medición de eficiencia general de los tornos CNC en el área de partes maquinadas de la empresa HLX Medical Products Costa Rica

Dicho documento fue elaborado por Gerardo Carrillo Soto. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Bachillerato en Ingeniería en Informática. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi hija Mariel, la niña de mis ojos.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa donde se realizó el proyecto y a todas las personas que hicieron posible este trabajo, en especial a Marco Bedoya y Greddy León. Así mismo, quiero dar un agradecimiento especial a Adriana Murillo, por impulsarme en mi crecimiento profesional y a Dios por permitirme lograrlo.

ÍNDICE

DECLARACIÓN JURADA.....	II
CARTA DEL TUTOR	III
CARTA DEL LECTOR	IV
CARTA DEL FILÓLOGO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL TEMA	20
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	21
1.1.1 Marco de referencia empresarial y contextual.	21
1.1.1.1 Historia de HLX Medical Products Costa Rica.	22
1.1.1.2 Productos.....	23
1.1.1.3 Misión.	24
1.1.1.4 Visión.....	25
1.1.1.5 Política de calidad.....	25
1.1.2 Justificación del proyecto.....	25

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	28
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	30
1.3.1 Objetivo general.....	30
1.3.2 Objetivos específicos.....	30
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	30
1.4.1 Alcance.....	30
1.4.2 Limitaciones.....	32
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	34
2.1 FUNDAMENTOS DEL OEE.....	35
2.1.1 Origen del OEE.....	35
2.1.2 ¿Qué es el OEE?.....	37
2.1.3 Cálculo del OEE.	37
2.1.4 Clasificación del OEE.	42
2.1.5 Ventajas del OEE.	43
2.1.6 Casos de éxito.....	44
2.2 TEORÍA DE CONTROLADORES	45
2.2.2 Control numérico computarizado.....	47
2.2.3 Indusoft.....	48
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	52

3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN	52
3.2.1 Fuentes de información.	52
3.2.2 Fuentes primarias.	53
3.2.3 Fuentes secundarias.	54
3.2.4 Sujetos de información.	54
3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	57
3.3.1 Cuestionario.....	57
3.3.2 Datos secundarios.	58
3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	59
3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.5.1 Primera y segunda etapa.....	60
3.5.2 Tercera etapa.	60
3.5.2 Cuarta etapa.....	61
3.5.3 Quinta etapa.	61
3.5.4 Sexta etapa.....	61
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	63
4.1 SITUACIÓN ACTUAL	64
4.1.1 Informe de producción.	64
4.1.2 Registro de paradas programadas y no programadas.....	66
4.2 DIAGNÓSTICO ADMINISTRATIVO U OPERATIVO	67

4.3 DIAGNÓSTICO TÉCNICO.....	71
4.4 DIAGNÓSTICO DE PERCEPCIÓN DEL PERSONAL.....	74
4.4.1 Encuesta aplicada al departamento de producción.	74
4.4.2 Encuesta aplicada al departamento de ingeniería.	77
4.5 BRECHAS.....	82
CAPÍTULO V: PROPUESTA DEL PROYECTO.....	84
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO.....	85
5.1.2 Requerimientos técnicos.....	85
5.1.3 Requerimientos de información.	87
5.2 BASE DE DATOS.....	88
5.2.1 Lista de tablas.....	89
5.2.2 Diagrama entidad - relación.....	90
5.3 APLICACIÓN PROPUESTA.....	91
5.3.1 Descripción de la aplicación desarrollada en Indusoft.	93
5.3.2 Avance del plan piloto.....	105
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
6.1 CONCLUSIONES.....	110
6.2 RECOMENDACIONES.....	111
CAPÍTULO VII: APÉNDICES.....	114
7.1 ENCUESTAS.....	115

7.1.1 Encuesta del proceso productivo para el departamento de producción.	115
7.2 Encuesta del proceso productivo para el departamento de ingeniería.	116
7.2 NORMAS	118
7.2.1 FDA 21 CFR 820.75 - PROCESS VALIDATION.	118
CAPÍTULO VIII: ANEXOS.....	120
8.1 Guías	121
8.1.1 Configuración de comunicación con el autómata programable.	121
8.1.2 Configuración de comunicación de Indusoft con PLC.	125
5.2.3 Configuración de comunicación de Indusoft con base de datos.	127
BIBLIOGRAFÍA.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: HLX Medical Products CR.....	21
Figura 2: Dispositivo médico Myomed.....	24
Figura 3: Dispositivo médico Novamed	24
Figura 4: Diagrama de Ishikawa para la definición del problema	29
Figura 5: Diagrama de diseño de la investigación.....	62
Figura 6: Reporte manual partes maquinadas	65
Figura 7: Reporte de Excel.....	65
Figura 8: Diagrama de flujo de proceso productivo	70
Figura 9: Diagrama de equipos y señales	71
Figura 10: Gráfico del resultado pregunta 4 cuestionario 1	76
Figura 11: Gráfico del resultado pregunta 7 cuestionario 1	77
Figura 12: Gráfico del resultado pregunta 3 cuestionario 2.....	78
Figura 13: Gráfico del resultado pregunta 4 cuestionario 2.....	79
Figura 14: Gráfico del resultado pregunta 5 cuestionario 2.....	80
Figura 15: Gráfico del resultado pregunta 7 cuestionario 2.....	81
Figura 16: Diagrama Entidad - Relación	90
Figura 17: Pantalla enlaces Internet Explorer	93
Figura 18: Pantalla acceso.....	94
Figura 19: Pantalla menú	94
Figura 20: Pantalla principal OEE	95
Figura 21: Pantalla máquinas CNC	96

Figura 22: Ingreso a Demoras.....	97
Figura 25: Reporte enviado por correo electrónico	100
Figura 26: Acceso a Gráficas OEE	101
Figura 27: Gráficos OEE y datos de producción	101
Figura 28: Uso de gráficos, ejemplo 1	102
Figura 29: Uso de gráficos, ejemplo 2.....	103
Figura 31: Uso de gráficas de paros	105
Figura 32: Datos CNC1 primeros días	107
Figura 33: Datos estables CNC1 después de un mes	107
Figura 34: Datos CNC2.....	108
Figura 35: RSLinx pantalla principal.....	121
Figura 36: RSLinx pantalla configuración de drivers.	122
Figura 37: RSLinx driver creado.....	123
Figura 38: RSLinx pantalla para agregar IP	123
Figura 39: RSLinx comunicación con PLC.....	124
Figura 40: RSLogix pantalla principal.....	124
Figura 41: RSLogix pantalla comunicación	125
Figura 42: Indusoft pestaña de comunicación.....	125
Figura 43: Indusoft pantalla drivers	126
Figura 44: Indusoft comunicación con PLC.....	126
Figura 46: Indusoft conexión con base de datos.....	128
Figura 47: Indusoft pantalla proveedor.....	128
Figura 48: Indusoft información BD.....	129

Figura 49: Indusoft nombre BD 129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sujetos de Información.....	55
Tabla 2: Variables de investigación.....	59
Tabla 3: Estructura de soporte para aplicación propuesta	72
Tabla 4: Brechas	82
Tabla 5: Descripción de tablas de bases de datos.....	89

INTRODUCCIÓN

HLX Medical Products Costa Rica es una empresa que se dedica a la fabricación de productos médicos descartables para la salud femenina, tiene como visión: “ser el sitio de excelencia de manufactura que provee productos desechables y servicios de alto valor agregado para las mujeres” (Ledezma C, 2009, p.6). Razón por la cual enfoca todos sus esfuerzos en la búsqueda de mejoras continuas y alcanzar un nivel de clase mundial.

La presente propuesta de proyecto de graduación consiste en el desarrollo de una aplicación que permita medir la eficiencia de los tornos CNC (OEE) de partes maquinadas, departamento que es la base fundamental del proceso productivo, porque ahí es donde se maquinan la mayoría de los subensambles necesarios para la construcción de los dispositivos médicos. Esta aplicación será utilizada por HLX como una herramienta que permita descifrar la situación actual de ese departamento, esto con el fin de conocer qué factores se deben mejorar para obtener un mejor rendimiento o eficiencia en esta área.

En el primer capítulo, se presentan antecedentes generales e información de la empresa, así como el planteamiento y justificación del problema, seguido de la formulación de los objetivos que se desean lograr, así como el alcance y limitaciones del proyecto.

Seguidamente, se mostrará un panorama de la situación actual y la deseada, analizando por medio de los resultados si la herramienta es una alternativa para alcanzar niveles de producción más altos, manteniendo o superando la calidad y

aprovechando al máximo los recursos con los que cuenta esta área. Esto con el fin de ayudar a resolver problemas tales como el aumento de costos de operación, incremento de mantenimientos correctivos, atrasos en la producción y mala calidad que provocan pérdidas económicas, entre otros.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL TEMA

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 Marco de referencia empresarial y contextual.

HLX Medical Products es: “una empresa de manufactura de dispositivos médicos, regulada por estándares internacionales como ISO y propiamente que atañen al tipo de negocio como los es el FDA” (Ledezma C, 2009, p.3). En esta sección, se hará una reseña histórica de la empresa HLX Medical Products Costa Rica, acompañada de su visión, misión y política de calidad.



Figura 1

HLX Medical Products CR.

Fuente: The Talent Place (s.f.).

1.1.1.1 Historia de HLX Medical Products Costa Rica.

HLX Medical Products es una empresa multinacional estadounidense que fabrica dispositivos médicos y se ubica en la ciudad de Alajuela. Ledezma (2009) menciona que:

En 1999, una pequeña empresa con el nombre de Novacept, con sede en Palo Alto, California, se instala en Cartago, con el fin de fabricar dispositivos terapéuticos innovadores para mejorar la salud de las mujeres.

En el 2004 se traslada a la zona franca Global Park, en Heredia, y ese mismo año, es adquirida por CYTYC, convirtiéndose en la división CYTYC SURGICAL PRODUCTS, con sede en Marlborough, Massachusetts.

Bajo este nombre, la empresa adquirió mucha visibilidad en la industria médica, con productos reconocidos a nivel mundial como el dispositivo Novamed®, haciéndola atractiva en el mercado.

Producto de esto, a finales del 2007, se anuncia la fusión de CYTYC con su homóloga Health INC, combinando sus nombres y tecnología bajo el nombre de HLX, para realzar la salud de las mujeres a través de una mejor y más temprana detección, diagnósticos mejorados, tratamientos menos invasivos y mejores resultados en los pacientes.

Con esta unión, HLX se coloca como el número uno en nueve áreas de la tecnología que sirve a la salud de las mujeres, incluyendo diagnóstico y

tratamiento del cáncer de pecho, investigación del cáncer cervical, tratamiento de la menorragia, prueba prenatal, y detección de osteoporosis. (p.4)

En setiembre de 2008, HLX traslada sus operaciones a una nueva planta ubicada en Alajuela, específicamente en la Zona Franca Coyol. En la actualidad, cuenta con más de 550 empleados, de los cuales la mayoría realiza labores de ensamble de dispositivos médicos descartables para la salud femenina.

El departamento en estudio se llama Machine Parts o Partes Maquinadas, esta área fue concebida con el objetivo de reducir los costos de las partes o subensambles que se usan para construir cada uno de los dispositivos que vende esta planta. El ahorro se refleja al dejar de comprar esos subensambles a proveedores en el exterior y empezándolos a maquinar dentro de la planta, lo que produce una baja en los costos de fabricación de los dispositivos médicos finales.

1.1.1.2 Productos.

Esta empresa: “se dedica a la fabricación de dispositivos médicos para el diagnóstico y tratamiento del cáncer de pecho y cervical, el tratamiento de sangrados uterinos severos, pruebas prenatales y detección de osteoporosis” (EFE, 2008). Estos dispositivos facilitan las funciones del doctor y hacen que los procedimientos médicos puedan realizarse de forma ambulatoria, mejorando la comodidad del paciente y, por consiguiente, reduciendo el tiempo de recuperación.



Figura 2

Dispositivo médico Myomed

Fuente: Biotech medical (2018).

Dentro de la empresa existen dos divisiones bien definidas, la primera se llama GSP y es donde se fabrican productos como Myomed (Figura 2), que sirve para la extracción de fibromas dentro del útero. En la figura 3, se puede observar el dispositivo llamado Novamed, producto estrella cuya función es eliminar hemorragias en esa misma zona. La segunda división es conocida como IBS y está dedicada a la intervención de los senos de la mujer de forma menos dolorosa e invasiva, con productos como Eviva, Atec y Celero, cuya finalidad es la extracción de tejido para la realización de biopsias.



Figura 3

Dispositivo médico Novamed.

Fuente: Biotech medical (2018).

1.1.1.3 Misión.

“Manufacturar dispositivos médicos innovadores, confiables y de mínima invasión para mejorar la calidad de vida de las mujeres” (Ledezma C, 2009, p.6).

1.1.1.4 Visión.

“Ser el sitio de excelencia de manufactura que provee productos desechables y servicios de alto valor agregado para las mujeres” (Ledezma C, 2009, p.6).

1.1.1.5 Política de calidad.

HLX está comprometido a la excelencia en la calidad, al mejoramiento continuo y al cumplimiento regulatorio para traer The Science of Sure (la ciencia de lo seguro) a la vida, por medio de cada acción, cada día.

1.1.2 Justificación del proyecto.

El desarrollo de un sistema para el control de la eficiencia general de los tornos CNC (OEE) del departamento de partes maquinadas de la empresa HLX Medical Products surge como una directriz gerencial, como primera medida para determinar con exactitud qué está produciendo los problemas que afectan el incremento de los costos de producción. En detalle, problemas como el incremento en los gastos de operación, atrasos en los tiempos de entrega, aumento de fallas en los tornos y una disminución en la calidad de las piezas producidas hacen necesaria la implementación de un control para poder facilitar la búsqueda de la raíz del problema.

Todas las empresas buscan tener las mayores ganancias y alcanzar niveles de clase mundial, por eso la implementación de este tipo de sistema ayuda a alcanzar estos objetivos. “El OEE es un indicador clave de desempeño, que permite medir la

competitividad de la industria y compararse con respecto a los mejores de su clase que ya han alcanzado el nivel de excelencia” (Pinto 2011).

Los sistemas OEE proporcionan muchas facilidades como, por ejemplo, generar y enviar reportes por medio de correos electrónicos, la visualización de los datos en tiempo real por medio de gráficos y la facilidad de detectar qué problemas tienen los equipos en forma específica. Como resultado de estos beneficios, se pueden tomar decisiones de una manera más rápida ayudando a obtener un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y humanos con los que se cuenta.

Como se mencionó anteriormente, estos sistemas automatizados pueden ayudar a conocer los tornos CNC de forma más detallada, “el OEE no es sólo un indicador con el que medir el rendimiento de un sistema productivo, sino que es un instrumento importante para realizar mejoras específicas” (González, 2009). Este tipo de herramienta permite tener a mano datos de las fallas más comunes y cada cuánto se dan, con esto se pueden fijar fechas para mantenimientos preventivos y así anticiparse, en muchos casos, a pérdidas mayores de tiempo producto de corrección de fallas.

Es importante mencionar que el desarrollo de esta aplicación está ligado a los sistemas automatizados con los que cuentan los tornos CNC, específicamente a los controladores lógicos programables (PLC) de la marca Allen Bradley y toda su estructura, programación y protocolos de comunicación, así como a la herramienta de desarrollo Indusoft que es la que permitirá la creación de las interfaces y la interacción con los PLC y bases de datos.

El sistema debe ser capaz de estar en constante comunicación con los PLC que son los que indicarán el inicio y final de un paro o anomalía en cada turno, lo anterior denota la necesidad de un periodo de investigación sobre el uso, configuración y edición de código de Indusoft, por ser una herramienta nueva que usa su propio set de instrucciones y configuraciones orientado a la solución de problemas en las industrias.

Otra característica importante con la que cuenta Indusoft es que permite establecer comunicación con la mayoría de los controladores lógicos programables disponibles en el mercado de forma directa, pues cuenta con las licencias y *drivers* para hacerlo, y que otras herramientas de desarrollo, por ejemplo, Visual Basic no tienen. Se tendría que invertir en la compra de una interfaz de comunicación (OPC) que permita la transferencia de información entre los dos, elevando los costos del proyecto que ya de por sí son limitados.

Actualmente, la empresa cuenta con licencias de Indusoft y los programas propios que permiten la programación de los controladores lógicos y sus respectivas configuraciones, esto reduce la posibilidad de darle solución al problema por medio de herramientas comunes que se usan y enseñan normalmente en los centros universitarios. También, al tratarse de computadoras industriales que usan su propio lenguaje de programación y protocolos de comunicación, requieren ciertas bases o conocimiento de electrónica y automatización para poder realizar los debidos ajustes y configuraciones, con el fin de establecer la interacción con el sistema y evitar paros de procesos de producción a la hora de hacerlo. Esto eleva la complejidad del proyecto y hace difícil el desarrollo del mismo, en un periodo como el que proporciona un proyecto de un curso de programación en un cuatrimestre de la universidad.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

HLX Medical Products es una empresa que busca alcanzar estándares de clase mundial en todas las actividades o procesos que realiza, “La calidad es fundamental para los principios de operación de HLX. Nos esforzamos continuamente por mejorar la eficiencia y efectividad de nuestros procesos de negocio” (Ledezma, 2009, p.6). Por tal razón y en procura de alcanzar ese nivel, somete a todas sus áreas productivas a un estudio para identificar cuáles son las falencias y de qué forma se pueden subsanar.

Como resultado de la investigación en el departamento de partes maquinadas, se detectaron algunas situaciones negativas, como atrasos en los tiempos de entrega de las piezas manufacturadas, incremento de piezas rechazadas (basura), aumento de gastos operativos y un mayor número de mantenimientos correctivos. Todos estos elementos detectados dan como resultado un incremento en los costos de producción que, al fin y al cabo, es el factor fundamental que toda empresa desea mejorar, pues a un menor gasto en este rubro, la empresa podrá obtener mayores ganancias.

Si se analiza detalladamente la figura 4, donde se muestra el diagrama de Ishikawa, se podrá observar que hay una relación entre varios elementos y que se da una especie de círculo vicioso producto, posiblemente, de la mala planificación. Por ejemplo, los atrasos en los tiempos de entrega se derivan del aumento de mantenimientos correctivos y el aumento de piezas basura o rechazadas. Así mismo, estos atrasos dan origen al incremento de gastos de operación como medida para solventar el faltante; esta situación, a su vez, generará más mantenimientos correctivos por la utilización de los tornos CNC 24/7 para satisfacer la demanda y hace inexistentes

las acciones preventivas, por lo tanto, se produce un mayor desgaste del equipo, provocando fallas y mayores gastos por repuestos y mano de obra técnica externa especializada.

Este documento propone el uso de una herramienta que ayude a bajar los costos de producción monitoreando los tornos CNC y tomando: “información fiable, exacta y en tiempo real de lo que acontece dentro del entorno fabril. Esta información ayuda a tomar decisiones que permitirán mejorar los factores claves dentro de la Planta” (Sevillano, 2010). Con los cuales se podrán tomar acciones que permitan mejorar la eficiencia y, por lo tanto, la producción del departamento.

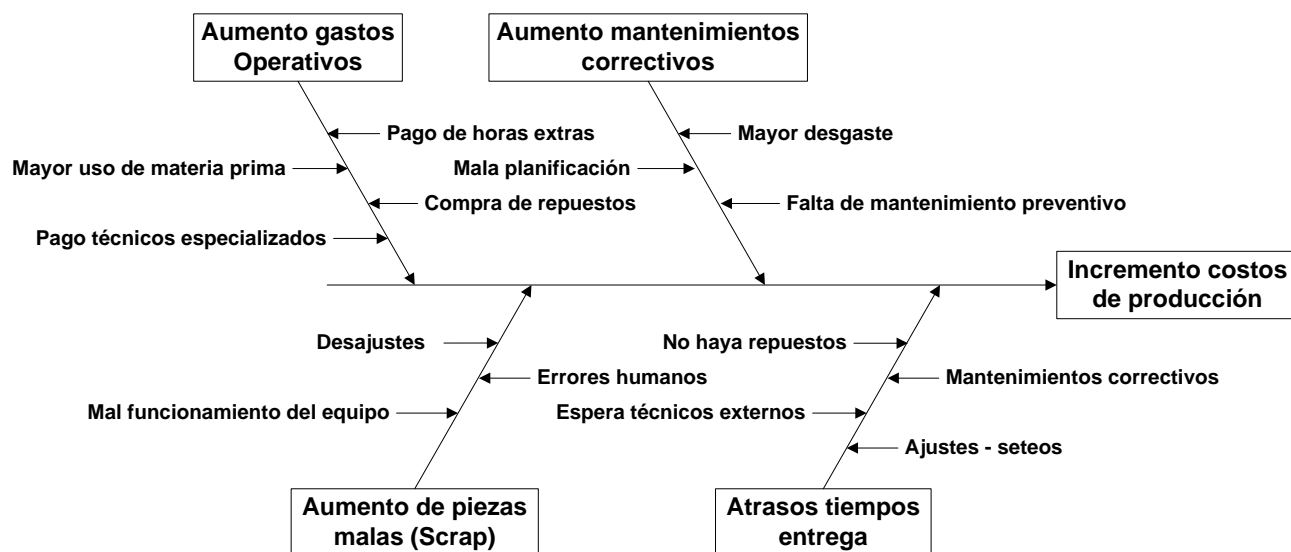


Figura 4

Diagrama de Ishikawa para la definición del problema.

Fuente: elaboración propia.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general.

Desarrollar el sistema de medición de la eficiencia general de los tornos CNC (OEE) en el área de partes, por medio del método de prototipo para el mejoramiento del proceso de producción de la empresa.

1.3.2 Objetivos específicos.

- ✓ Establecer las diferencias entre la operación actual y la deseada, en un marco de aplicación de un sistema de control automatizado bajo la teoría del OEE.
- ✓ Identificar los requerimientos técnicos y operativos necesarios para el posterior diseño e implementación de la aplicación.
- ✓ Diseñar una aplicación y base de datos que mida la eficiencia general de los tornos CNC de forma automática, por medio del modelado UML y relacional, respectivamente.
- ✓ Implementar un plan piloto en tres de los cinco tornos que permita obtener información en procura del mejoramiento continuo y evaluación del programa.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcance.

Primeramente, se mostrará con números la situación actual del taller de partes de HLX y la situación deseada con la implementación del sistema de control de la

eficiencia de los tornos CNC. En la actualidad, el costo anual de producción ronda poco más del millón de dólares y la meta que se desea alcanzar con el sistema automatizado es un ahorro del 5 % como mínimo, alrededor de \$50 000.

Como siguiente paso, se levantarán los requerimientos tanto de *software* como de *hardware* necesarios que permitan el desarrollo y puesta en marcha del sistema. De la misma forma, se hará un modelado para visualizar, especificar, construir y documentar el sistema por medio de alguna herramienta UML, además del modelado o diagrama de base de datos y su normalización.

Para el desarrollo de esta, se utilizará la herramienta Indusoft y base de datos SQL en su versión Express, así como la infraestructura automatizada con la que ya cuenta la empresa, como lo es el caso de PLC (controladores lógicos programables) de los tornos, la red de comunicación y los programas para edición y configuración de esas computadoras industriales.

La aplicación es únicamente para uso del área de partes maquinadas de la empresa HLX Medical Products Costa Rica y contará con un formulario principal llamado menú, desde donde se accederán las otras funcionalidades. Se creará un formulario para la administración de usuarios, un formulario para incluir los datos de cada torno CNC y un formulario más para controlar las demoras que cada uno genere.

Los reportes de cierre de turno se enviarán por correo electrónico, también se contará con un sección donde se podrán observar datos históricos por medio de gráficos de barras y lineales. La ejecución de la aplicación será por medio de acceso

web propio de Indusoft que se podrá ejecutar desde cualquier dispositivo con acceso a internet, ya sea computadora o dispositivo móvil que cuente con los permisos respectivos para el acceso de la red interna HLX. Vale la pena señalar que esta configuración es realizada y controlada por el Departamento de Sistemas de Información y que, para efectos de este proyecto, no es de interés.

Finalmente, se mostrarán datos de los puntos específicos en los cuales se puede mejorar, esta información se obtendrá de los tornos en la puesta en marcha del plan piloto. Esto con el fin de alcanzar el objetivo primordial que es lograr un taller más eficiente utilizando de la mejor manera los recursos, en procura de un ahorro económico y el crecimiento que se desea.

1.4.2 Limitaciones.

La aplicación se debe realizar con la herramienta de desarrollo Indusoft, debido a que ya se cuenta con la misma y sus respectivas licencias. Esta herramienta proporciona *drivers* necesarios que permiten la comunicación con los PLC (controladores lógicos programables) de los tornos CNC y se usarán características como la generación de reportes vía correo electrónico, ejecución vía web y conexión con base de datos SQL (versión Express), además de la generación de código por medio de Visual Basic Script y el lenguaje propietario de la herramienta.

El proyecto se debe realizar con un presupuesto de \$5000 que ya fueron aprobados y están listos para su uso en el desarrollo de la aplicación, con el objetivo de hacer más eficiente y tener un control óptimo del área de partes maquinadas.

Como el proyecto se asignó al departamento de automatización, solo se podrá usar la ayuda del personal y las herramientas con las que esta área cuenta, como, por ejemplo, aplicaciones para establecer comunicación y control sobre los controladores lógicos programables. Esto porque no se desea que personas sin la debida capacitación manipulen este tipo de programas, debido a que se podría provocar que algunos procesos se detengan.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS DEL OEE

2.1.1 Origen del OEE.

Alarcón (2014) indica que:

El OEE fue descrito originalmente como un componente de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) en el libro de Seiichi Nakajima “TPM tenkai” (Total Productive Maintenance, 1982).

A finales de los años 80, el concepto de TPM se volvió ampliamente conocido en el mundo occidental. Alrededor de la misma época, en Europa, Fuji Photo-Film hizo la más grande inversión que nunca antes lo hubiera hecho fuera del Japón, construyendo 3 fábricas en Holanda. El gran desafío para las tres factorías era: “Producir con cero defectos y cero pérdidas usando los principios japoneses en un ambiente occidental”. Esta fue la primera vez que los conceptos de TPM y Lean fueron extensivamente aplicados fuera del Japón. El director de la Fuji Steven Blom lo resume de la siguiente manera: “Medir el OEE y eliminar los desperdicios, usando Pequeños grupos de Actividades” (Blom, 2012).

Alrededor de 1995, la industria de semiconductores SEMATECH publica “Semiconductor Manufacturing Productivity Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook” con lineamientos para la implementación del OEE en la fabricación de semiconductores (Sematech, 1995).

A finales de los años 90, Arno Koch trabajó junto con los editores y autores de Productivity Press, publicando “OEE Toolkit” y “OEE for operators”. Estas

publicaciones lograron que el OEE fuese accesible y factible para los departamentos de producción de muchas compañías occidentales (Koch, OEE Toolkit and OEE for Operators, 1999).

En respuesta a varias empresas multinacionales que utilizaban el OEE Koch, inició en el 2001 la “OEE Industry Standard Endeavour” que resultó en “OEE Industry Standard” ofreciendo desde entonces definiciones y estándares para las empresas manufactureras alrededor del mundo (OEE Industry Standard Endeavour, 2001).

En el mismo año 2001, Bob Hansen escribió su “Overall Equipment Effectiveness” intentando clarificar los pasos para la curva de aprendizaje efectiva para el OEE con énfasis en el mantenimiento y la confiabilidad (Hansen, 2001).

En Alemania, en la Ansbach University of Applied Technology, el Prof. Dr. Constantin May inició en el 2006 el “Centre of Excellence for TPM (CETPM). Los cursos de OEE se volvieron un estándar en su pensum; En los cursos de capacitación de los instructores de TPM estos son entrenados en forma sistemática en la aplicación del OEE (May, 2006). Mientras tanto, el OEE está siendo usado en virtualmente cualquier clase de producción. (pp.22-23)

El crecimiento de los sistemas OEE en las últimas décadas y su utilización a nivel mundial, además de su fácil implementación, la hacen una herramienta útil para mejorar la productividad de un área de trabajo. Es importante aclarar que ningún sistema por sí solo va a solucionar los problemas o deficiencias de rendimiento de un

equipo o maquinaria, se requiere que todos los individuos involucrados adopten el compromiso necesario para lograr los objetivos de la organización.

2.1.2 ¿Qué es el OEE?

OEE es un acrónimo en inglés (*Overall Equipment Effectiveness*) que significa eficiencia general de los equipos y permite conocer a fondo el estado de la maquinaria de forma individual, tomando tres indicadores en consideración, como lo son la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Cruelles (2010) indica que:

El OEE (*Overall Equipment Effectiveness* o Eficiencia General de los Equipos) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Es un ratio que se emplea para medir el rendimiento y la productividad de las líneas de producción en las que la maquinaria tiene una gran influencia. (p.102)

La ventaja del OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

2.1.3 Cálculo del OEE.

Como se mencionó anteriormente, el OEE toma en consideración tres elementos para medir la eficiencia de los equipos: “el OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. $OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$ ” (Cruelles, 2010, p.102). A continuación, se define en detalle

cada uno de los componentes de la eficiencia general de los equipos y se indica cómo obtener el cálculo de los mismos.

Disponibilidad

Vargas (2012) afirma que: “La disponibilidad es una relación entre el tiempo en el que la maquina (SIC) se encuentra en tiempo de proceso contra el tiempo que fue planeado” (p.20). Así mismo, la disponibilidad, según Cruelles (2014) incluye:

Pérdidas de Tiempo Productivo por Paradas

La disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (**Tiempo de Operación: TO**) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (**Tiempo Planificado de Producción: TPO**), es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denomina Paradas Planificadas.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100$$

Donde:

$$\text{TPO} = \text{Tiempo Total de trabajo} - \text{Tiempo de Paradas Planificadas}$$

$$\text{TO} = \text{TPO} - \text{Paradas y/o Averías}$$

La disponibilidad es un valor entre 0 y 1, por lo que suele expresarse porcentualmente. (pp.103-104)

Rendimiento.

Vargas (2012) menciona que rendimiento: “es una relación entre las piezas de salida contra la mejor velocidad empleada en la máquina y el tiempo empleado para realizarlas” (p.20). En otras palabras, es la comparación de lo producido en el tiempo que ha estado trabajando la máquina versus lo que debiera haber fabricado en la teoría con números ideales (producción máxima según especificaciones del fabricante). Así mismo, el rendimiento indica Cruelles (2014) incluye:

- Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas.
- Pérdidas de velocidad por reducción de la velocidad.

El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido durante el tiempo de disponibilidad de la máquina. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

Siendo:

- **Capacidad Nominal:** Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a:

Rendimiento Ideal (Máximo / Óptimo) de la línea / máquina.

Se mide en:

Número de Unidades / Hora.

- **Tiempo de Ciclo Ideal:** Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

Tiempo de Ciclo Ideal = 1 / Capacidad Nominal

La Capacidad Nominal o Tiempo de Ciclo Ideal, es lo primero que debe ser establecido. En general, esta capacidad es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o línea. Es mejor determinar ensayos para determinar el verdadero valor. La capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto (incluyendo formato y presentación). Pueden presentarse dos casos:

- a) Existen datos. Será el valor máximo especificado por el OEM9 para la máquina o línea.
- b) No existen datos. Se elige entonces como valor el correspondiente a las mejores 4 horas de un total de 400 horas de funcionamiento.

Rendimiento =

Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / N.º Total Unidades)

Rendimiento =

N.º Total Unidades / (Tiempo de Operación x Velocidad Máxima)

La eficiencia es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente. (pp.104-105)

Calidad.

Ucelo (2008) define calidad como: “cuánto ha fabricado bueno (producto de primera) a la primera respecto del total de la producción realizada (de primera + desecho)” (p.21).

Cruelles (2014) indica que la calidad incluye:

Pérdidas por Calidad

Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de paradas, Downtime, ya que durante ese tiempo no se ha fabricado productos conformes.

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas de calidad, igual al número de unidades malas fabricadas.
- Pérdidas de tiempo productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

Y adicionalmente, función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

- Tiempo de reprocesado.
- Coste de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

$$\mathbf{Q = N.^{\circ} \text{ de unidades Conformes} / N.^{\circ} \text{ unidades Totales}}$$

Las unidades producidas pueden ser Conformes, buenas o No Conformes, malas o rechazos. A veces, las unidades No Conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades Conformes. La OEE sólo considera buenas las que salen Conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por

tanto, las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse Rechazos, es decir, malas.

Por tanto, la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas retrabajadas o desechadas. La calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que suele expresarse porcentualmente. (pp.105-106)

2.1.4 Clasificación del OEE.

Es importante mencionar cómo se califica o dictamina una máquina o equipo por medio de los resultados o porcentajes obtenidos mediante el cálculo de cada una de las variables que conforman el OEE.

- OEE < 65 % Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
 - 65 % < OEE < 75 % Regular. Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas y baja competitividad.
 - 75 % < OEE < 85 % Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la clase mundial. Ligeras pérdidas económicas y competitividad ligeramente baja.
 - 85 % < OEE < 95 % Buena. Entra en valores de clase mundial. Buena competitividad.
 - OEE > 95 % Excelencia. Valores de clase mundial. Excelente competitividad.
- (Ucelo, 2008, p.24)

Estos indicadores muestran de forma rápida y sencilla la situación actual del equipo o maquinaria en estudio, ayudando a tomar medidas en forma casi inmediata,

debido a que este tipo de sistemas detallan en forma específica cuál es el causante de los resultados malos o indeseados. Cuanto más detallado sea el registro de eventos que ocasionan que el equipo no opere en forma eficiente, más fácil será detectar el origen de la anomalía. Así lo confirma claramente Cruelles (2014), cuando dice:

La OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y los cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de la planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. (p.108)

De ahí el crecimiento a nivel mundial y el uso de la misma como una herramienta de mejora continua para alcanzar estándares de clases mundial que muchas empresas persiguen hoy en día.

2.1.5 Ventajas del OEE.

Como se menciona en el punto anterior, OEE es la mejor herramienta para optimizar los procesos de fabricación, esta es la razón fundamental por la cual se escogió la teoría de eficiencia general de los equipos para dar solución a la problemática presentada en el área de partes maquinadas, específicamente en los tornos CNC de la empresa en estudio. Estos equipos son la base fundamental en la construcción de los dispositivos médicos, pues ahí es donde se producen las partes necesarias para el ensamblaje de los mismos.

Cruelles (2014) señala que: “el OEE, es por tanto una herramienta fácilmente entendible para el proceso de mejora continua en su empresa” (p. 108). A continuación,

se enumeran otras razones por las cuales se decide la utilización de dicha teoría en este proyecto.

- Es infalible al señalar claramente dónde está el problema (las pérdidas se visualizan).
- Muestra las prioridades de un modo muy claro.
- Facilita la tarea de seleccionar de forma correcta las mejoras específicas necesarias.
- Los resultados de las acciones de mejora emprendidas se observan rápidamente (¡el OEE crece!).
- Es un indicador simple y fácil de entender para todos los implicados. (Cruelles, 2014, p.108)

2.1.6 Casos de éxito.

En el año 2008, Astrid Ucelo implementa el OEE en una pañalera de Guatemala, en la que, inicialmente, existía la problemática de tener un 7 % de productos de segunda y un 10 % de desechos. Después de haber colocado el OEE en operación y en un corto plazo, la situación cambió, se bajó la cantidad de productos no conformes en un 2.5 % y el pañal de segunda en un 3.77 %, es decir, la calidad se mejoró un 18.78 % y las horas efectivas de trabajo de los equipos aumentaron en un 18.75 %, produciendo enormes ahorros y, por ende, más ganancias a la empresa.

Otro caso se presentó en el 2012 en México, Angélica Vargas la implementa en la multinacional TEVA Pharmaceuticals. Esta empresa tenía bajos los indicadores del OEE y con ese proyecto, se determinó en detalle cuáles eran los originadores que

afectaban la productividad del área en estudio. Se tomaron acciones correctivas y en un corto plazo se cambiaron esos números negativos por cifras más favorables, aumentando las ganancias para la empresa.

Más recientemente, entre los años 2013 y 2014, Andrés Alarcón implementa un sistema de OEE como herramienta para medir y hacer más eficiente la producción en la empresa Plásticos del Litoral de la ciudad de Guayaquil en Ecuador. Obtuvo resultados muy favorables, las piezas malas o *scrap* se redujeron en un 67 %, lo que produjo un incremento de la producción en un 28 %, económicamente esos números representan un ahorro de alrededor de \$6 000 anuales en esa época por máquina.

Estos son algunos de muchos ejemplos donde los sistemas de control de eficiencia general de los equipos han sido la herramienta sencilla, fácil de usar y de gran utilidad para detectar cuáles son los rubros que se deben atacar, con el fin de incrementar la productividad de un área, departamento o máquina con problemas.

2.2 TEORÍA DE CONTROLADORES

2.2.1 Controladores lógicos programables.

Los controladores lógicos programables surgen alrededor de la década de 1960 por las limitaciones de los sistemas realizados con relés y la evolución de la microelectrónica y de las técnicas de programación, se les conoce también con el nombre de autómatas programables y también como PLC, siglas que se derivan del acrónimo en inglés *Programmable Logic Controller* (Mandado, Acevedo, Fernández & Armesto, 2010).

La complejidad de los procesos productivos en la actualidad hace necesaria la utilización de equipos controlados por este tipo de computadoras industriales, así lo afirma Bonilla (2013), cuando indica que: “el controlador lógico programable (Programmable Logic Controller) denominado PLC, nació como solución al control de circuitos complejos de automatización” (p.3). Razón por la cual se ha convertido en la pieza fundamental de la automatización de las industrias a nivel mundial, no solo por su eficiencia y gran campo de uso, sino por ser una solución económica y de gran versatilidad.

Es importante mencionar que su utilización no solo se aplica para el control de procesos, sino también para la captura y procesamiento de datos, aplicación que ha tomado gran auge en los últimos tiempos, debido a que esta ayuda a saber la situación actual de los equipos y también facilita la toma de decisiones en las empresas por tener esa información de manera inmediata. Un controlador lógico programable se define: “como una máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en entornos industriales, procesos de naturaleza combinacional y secuencial” (Bonilla, 2013, p.3).

El uso de controladores lógicos programables no solo ayuda a resolver problemas complejos, sino que también ofrece muchas ventajas, tales como lo es la utilización de menos componentes y la simplificación en el cableado trasladando la complejidad a la parte lógica, eso sí, proporcionando múltiples herramientas lógicas para poder resolver los problemas en un menor tiempo. Así mismo, brinda la posibilidad de hacer modificaciones en forma más rápida y más sencilla.

2.2.2 Control numérico computarizado.

El control numérico computarizado es un lenguaje propietario que surge aproximadamente cuando se crean los PLC, en la década de los 60, pero su auge se da alrededor de 1972, producto del desarrollo de la tecnología, en especial de la microelectrónica y la programación. La industria metalúrgica es la que ha sufrido grandes cambios y beneficios al introducir en los equipos este tipo de control.

Según indica Mendieta (2013): “El control numérico es un dispositivo de automatización de una máquina que por medio de un programa (códigos), controla su funcionamiento, simplifica procedimientos de programación y de operación de las máquinas” (p.11). Se le conoce también como CNC, siglas que se derivan del acrónimo en inglés *Computerized Numerical Control* y no son más que máquinas, herramientas como tornos o fresadoras cuya operación se realiza por medio de instrucciones de código especializadas, haciéndolas más precisas a la hora de maquinar piezas que operadas por una persona son más difíciles de elaborar.

La máquina herramienta ha jugado un papel importante en el desarrollo tecnológico, gracias a la utilización de ésta se ha podido realizar maquinaria de todo tipo, algunas de éstas pueden realizar operaciones de fresado, mandrinado y perforado. Día a día han ido apareciendo técnicas que remplazan al operador humano. De esta manera se introdujo el Control Numérico en los procesos de fabricación por varias razones:

- Obtención de productos hasta entonces imposibles o difíciles de fabricar, por ser complejos para ser controlados por un operador humano.

- Fabricación de productos que no se conseguían en cantidad y calidad sin automatizar un proceso de fabricación.
- Fabricación de productos a precios suficientemente bajos.

En un comienzo, el Control Numérico de Máquinas Herramientas no fue creado para optimizar procesos de fabricación, sino para dar solución a dificultades técnicas surgidas por el resultado del diseño de piezas cada vez más difíciles de mecanizar. (Mendieta, 2013, p.9)

El uso de este tipo de control ha hecho posible que las industrias hayan crecido y aprovechado más los recursos con los que cuentan, debido a que, si se analiza en detalle, este tipo de herramienta proporciona más independencia y agilidad, al permitir maquinar partes o piezas que antes no podían y en el momento en que se necesite.

2.2.3 Indusoft.

Es una potente colección de herramientas integradas de automatización que incluyen todos los bloques de programación para desarrollar modernas aplicaciones HMI y SCADA que funcionan en sistemas operativos y plataformas basadas en Windows NT, 2000, XP, CE, CE.NET, Internet y entornos Intranet. Con poco esfuerzo y mediante arrastrar y soltar objetos se crean complejos entornos que emulan procesos reales.

Características:

- Utiliza interfaces gráficas en tiempo real para el desarrollo de automatización industrial.
- Permite el intercambio de datos entre dispositivos móviles e inalámbricos.
- Soporta interfaces multidimensionales en entorno Web Thin Client.
- Adapta proyectos para distintos sistemas operativos y plataformas.
- Comparte aplicaciones como Microsoft Word, Excel, Java, C, C++, Visual Basic, etc.
- Permite ver las aplicaciones con distintos servidores de mercado a través de Internet, así como intercambiar datos con el protocolo TCP/IP.
- Proporciona configuración online, debugging y manejo de aplicaciones remotas.
- Contiene una potente base de datos que permite todo tipo de datos.
- Proporciona las herramientas para aplicaciones de acuerdo con la regulación FDA21 CFR Part 11, que son requisitos de registros electrónicos y se basan en aportar seguridad a los datos, ofreciendo un nivel de confianza similar al de los registros en papel.
- Permite el uso de scripts para programadores más avanzados.
- Proporciona seguridad multi-nivel para las aplicaciones de Internet o Intranet.
- Proporciona traducciones automáticas en runtime. (Redondo, 2007)

También permite el registro de datos en tiempo real e histórico, facilita el envío de información y alarmas a través de la web, ya sea por correo electrónico, pantallas,

navegadoras o impresoras. Permite el uso de recetas y reportes en diferentes formatos y los publica en tiempo real. Por último, es importante mencionar que cuenta con más de 200 *drivers* de comunicación y soporta OPC cliente y servidor conforme a los estándares industriales como Microsoft, NET, OPC, DDE, ODBC, XML, SOAP y ActiveX.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo, se aplicará el tipo de investigación de campo, que según Sampieri (2014): “son estudios efectuados en una situación “realista” en la que el investigador manipula una o más variables independientes en condiciones tan cuidadosamente controladas como lo permite la situación” (p. 150).

Así mismo, este proyecto tiene un tipo de enfoque cuantitativo, debido a que es un proceso que se da en forma secuencial, se tiene una idea que se delimita y de ahí se derivan los objetivos, se consulta literatura, se formula una hipótesis y se definen variables. Se trata de comprobar la hipótesis, se miden las variables, se analizan los resultados y se obtienen las conclusiones (Sampieri, 2014).

Por su alcance, se clasifica como descriptiva donde: “se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.80). Se utilizará este tipo de investigación porque se busca describir la situación actual del proceso productivo, para determinar la necesidad de un sistema informático que ayude a conocer y controlar esta área.

3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN

3.2.1 Fuentes de información.

La recolección de los datos se obtiene de fuentes primarias y secundarias, por medio de entrevistas y encuestas, en el caso de fuentes primarias, y de reportes

escritos y documentos de Excel, así como diversas fuentes bibliográficas para el caso de las secundarias. “La revisión de la literatura implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio” (Sampieri, 2014, p.61).

3.2.2 Fuentes primarias.

Las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano (Sampieri, 2014, p.61). Por ejemplo, el uso de entrevistas y cuestionarios en el área donde se va a realizar la investigación.

Para efectos de este documento, se utilizará el cuestionario como fuente primaria para la obtención de datos, con el fin de usarlos como una herramienta de diagnóstico de la percepción del personal que ayude a demostrar y confirmar la necesidad de un nuevo sistema de control, el cual sea más eficiente para el área en estudio. Específicamente, se aplicarán dos cuestionarios con una mezcla de preguntas cerradas con dos posibilidades de respuesta y preguntas cerradas con varias opciones de respuesta, los resultados de estas encuestas se detallan en el capítulo 4 en el punto 4.4.

Los cuestionarios estarán divididos en dos secciones, la primera se dedicará al departamento de manufactura (apéndices punto 7.1), que es el responsable directo de la producción de los subensambles y que, en buena teoría, proporcionaría información valiosa de la situación actual del departamento. Es importante mencionar que en esta encuesta participan personas como supervisores, líderes de área y técnicos, cuya opinión se consideró valiosa para la solución del problema.

El segundo cuestionario en la sección 2 (apéndices punto 7.2), se dirigirá al departamento de ingeniería, con el fin de obtener un criterio un poco más técnico de cómo ellos consideran el sistema actual y qué información les permite obtener, qué se omite, así como la afectación que provoca. Ingenieros, jefes de departamento y gerentes forman parte del grupo encuestado que se considera de gran importancia, pues pueden proporcionar un valioso aporte por su alto nivel de preparación.

3.2.3 Fuentes secundarias.

Para el desarrollo de este proyecto, se toma como fuente de información secundaria: libros, revistas y documentos de internet, cuyo autor y año de publicación estén bien definidos y, además, estén relacionados con la teoría de la eficiencia general de los equipos (OEE). Para la definición de la situación actual del área en estudio, se utilizarán fuentes secundarias como las hojas donde se registra la información de la producción, además de diferentes documentos de Excel que maneja ese departamento.

3.2.4 Sujetos de información.

Para el proyecto en desarrollo, los sujetos de información hacen referencia a la población en la que se desea aplicar las herramientas para la recolección de los datos. La población “constituye el universo total sobre el cual se hace la investigación y puede estar conformada por comunidades, grupos, personas, situaciones, organizaciones, etc.” (Pazos, 2007, citado por Araya, 2017, p.131). La cantidad total de la población es

de 18 personas (ver tabla 1), 12 del departamento de producción y seis del departamento de manufactura (altos y medios mandos).

Para efectos de este proyecto, los sujetos serán las personas que se relacionan directamente con el proceso productivo del área de Machine Parts, que en detalle serían: gerentes de producción e ingeniería, supervisores, líderes de proceso, técnicos y operadores de cada turno, entre otros. Así mismo, es importante resaltar que, debido a que la población es reducida, se deberá tomar el total de esta como muestra para la investigación.

Tabla 1
Sujetos de información

Puesto laboral	Profesión u oficio	Experiencia	Relación con el tema
Sr director Manufacturing Operations	Máster in Bussiness Administration. Ing. Mecánico	25 años	10% Relacionado
Sr Manager Manufacturing Operations	Maestría Ing. Industrial Ing. Electromecánico	20 años	20% Relacionado
Superintendent Manufacturing	Máster en Administración de empresas	18 años	30% Relacionado
Manufacturing Engineer 1	Ing. Industrial	1 año	40% Relacionado
Manufacturing Engineer 2	Ing. Electromecánico	5 años	40% Relacionado
Manufacturing Engineer 3	Ing. Industrial	8 años	40% Relacionado
Supervisor turno A	Administración	3 años	15% relacionado
Supervisor turno B	Ing. Electromecánico	1 año	15% relacionado
Supervisor turno C	Ing. Industrial	7 años	15% relacionado

Líder turno A	Técnico Precisión	10 años	85% relacionado
Líder turno B	Tercer año colegio	3 años	85% relacionado
Líder turno C	Bachiller colegio	2 años	85% relacionado
Técnico turno A	Técnico Precisión	1 año	100% relacionado
Técnico turno B	Técnico Medio Precisión	3 años	100% relacionado
Técnico turno C	Técnico Precisión	6 meses	100% relacionado
Operador A	Séptimo año colegio	5 años	10% Relacionado
Operador B	Octavo año colegio	3 años	10% Relacionado
Operador C	Séptimo año colegio	2 años	10% Relacionado

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1, se puede observar que, a pesar de que la idea surge en el nivel más alto de la jerarquía, su relación con el tema es baja, pues el Sr. director debe delegar, debido a sus numerosas responsabilidades, a puestos más bajos la meta a la que se quiere llegar. Conforme se desciende en la jerarquía, la relación va creciendo, pues las responsabilidades son menores, hasta que llega a ingeniería de manufactura, la cual es el área que deberá encargarse directamente de las mejoras del departamento, pero, como tienen varios proyectos, la relación con este tema es solo del 40 %.

Cuando se llega a puestos de supervisores, la relación es baja, pues ellos se preocupan más por cumplir con la producción, no piensan mucho en mejoras por el poco tiempo con el que cuentan. Nuevamente, la relación empieza a subir y culmina en el máximo con los técnicos, pues esos puestos son los más afectados con el sistema actual. Ellos son los encargados de tomar la información que se usa para reportes y son los que en su totalidad llevan ese control. Se termina con un 10 % de relación de

los operarios, debido a que ellos no tienen afectación directa en el control, solo ayudan esporádicamente en el mismo.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por tratarse de una investigación con enfoque cuantitativo, se utilizarán dos instrumentos para la recolección de los datos. El primero de ellos será el cuestionario con preguntas cerradas que se aplicará uno al departamento de ingeniería y el otro al departamento de producción. El segundo instrumento de recolección de datos por utilizar es la recopilación de datos secundarios, utilizando fuentes como los registros que se llevan en Excel.

3.3.1 Cuestionario.

Primeramente, se aplicará la técnica de cuestionario que es una de las técnicas más usadas para recolectar datos y que, según Sampieri (2014): “consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir” (p.217). Los cuestionarios se pueden elaborar utilizando preguntas abiertas o preguntas cerradas.

Las preguntas cerradas contienen categorías u opciones de respuesta que han sido previamente delimitadas. Es decir, se presentan las posibilidades de respuesta a los participantes, quienes deben acotarse a éstas. Pueden ser dicotómicas (dos posibilidades de respuesta) o incluir varias opciones de respuesta. (Sampieri, 2014, p.217)

Por otra parte: “Las preguntas abiertas no delimitan de antemano las alternativas de respuesta, por lo cual el número de categorías de respuesta es muy elevado; en teoría, es infinito, y puede variar de población en población” (Sampieri, 2014, p.220).

Como se mencionó en los párrafos segundo y tercero en el apartado 3.2.2 de este capítulo, se aplicarán dos cuestionarios de preguntas cerradas con respuestas de dos posibilidades y de varias opciones, estructurados en dos secciones. La primera se dedicará al departamento de manufactura y la segunda al departamento de ingeniería, ambos con el fin de obtener la percepción de las personas que ahí trabajan, con respecto al sistema que se usa actualmente y como soporte a la decisión de gerencia de sustituirlo por uno más eficiente.

3.3.2 Datos secundarios.

Seguidamente, se buscará toda la información posible y disponible acerca de los datos que se han obtenido de los tornos CNC, para efectos de conocer la situación actual del área en estudio. La técnica de recolección de información por medio de datos secundarios: “Implica la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos” (Sampieri, 2014, p. 252).

En la sección 3.2.3 de este capítulo, se menciona el uso de documentos de Excel, así como reportes del departamento de producción, como fuente principal de datos que se utilizarán como ayuda para definir la situación actual del departamento.

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Según Sampieri (2014): “una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p.105). A continuación, se detallan las variables de la investigación en curso.

Tabla 2

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivos específicos	Variables asociadas	Descripción
Establecer las diferencias entre la operación actual y la deseada en un marco de aplicación de un sistema de control automatizado bajo la teoría del OEE.	Rendimiento Disponibilidad Calidad	Comparación de la eficiencia general de los tornos CNC, midiéndolos por medio de indicadores OEE.
Identificar los requerimientos técnicos y operativos necesarios para el posterior diseño e implementación de la aplicación.	Búsqueda de información	Consultar fuentes de información primarias y secundarias para definir los requerimientos.
Diseñar una aplicación y base de datos que mida la eficiencia general de los tornos CNC de forma automática, por medio del modelado UML y relacional, respectivamente.	Modelado	Diferentes diagramas y modelados que explican el funcionamiento y estructura de la aplicación.
Implementar un plan piloto en tres de los cinco tornos que permita obtener información en procura del mejoramiento continuo y evaluación del programa.	Programación Codificación Configuración	Demostración de principales interfaces, formularios, configuraciones y códigos para describir la aplicación.

Fuente: elaboración propia.

3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1 Primera y segunda etapa.

Esta primera etapa es la más importante del proceso, debido a que representa la base fundamental sobre la cual se desarrollará la investigación. Se define el tema, el problema, los objetivos, se fijan los alcances y se describen las limitaciones, sentando la estructura o columna vertebral sobre la cual se apoyará el resto del estudio. Posteriormente a eso, se fundamenta el proyecto con una base teórica producto de la búsqueda de información de fuentes secundarias que sustenten la investigación y que proporcionen las reglas, principios y conocimientos del tema en análisis.

3.5.2 Tercera etapa.

En esta etapa, se establecen las diferencias entre la situación actual y la situación deseada en el departamento de Machine Parts, específicamente de sus tornos CNC. Se utiliza la técnica de búsqueda de información de fuentes primarias, por medio de la aplicación de dos cuestionarios al departamento de producción e ingeniería respectivamente, personas con cargos como ingenieros, supervisores, técnicos, entre otros participan en esta etapa. Así mismo, se consultan fuentes secundarias, como registros, reportes y otros como fundamento de la situación actual.

3.5.2 Cuarta etapa.

Esta etapa tiene como objetivo levantar los requerimientos necesarios para establecer las bases de la aplicación que se desea crear. Se obtiene información de manuales de *software* y *hardware* de los equipos que se desean utilizar para dar solución al problema.

3.5.3 Quinta etapa.

Aquí se detalla la estructura del sistema, se crea cada uno de los modelos que dará vida a la aplicación. Igual que en otras etapas, se obtiene la información de fuentes secundarias, pues se trata de la aplicación de teorías para la creación de esos modelos.

Además, se crea la aplicación como tal, se desarrollan los códigos, configuraciones y todo lo necesario para que funcione. Se apoya en información obtenida de fuentes secundarias como manuales de usuario y ejemplos desarrollados por otras personas. También se obtiene información primaria, pues se necesita de una retroalimentación con los encargados del área para la depuración del sistema.

3.5.4 Sexta etapa.

Se valora la solución propuesta y se derivan las conclusiones y recomendaciones pertinentes producto del análisis de los resultados obtenidos; se aplica la observación como instrumento para la obtención de datos y también el uso de los gráficos y reportes obtenidos de la aplicación desarrollada.

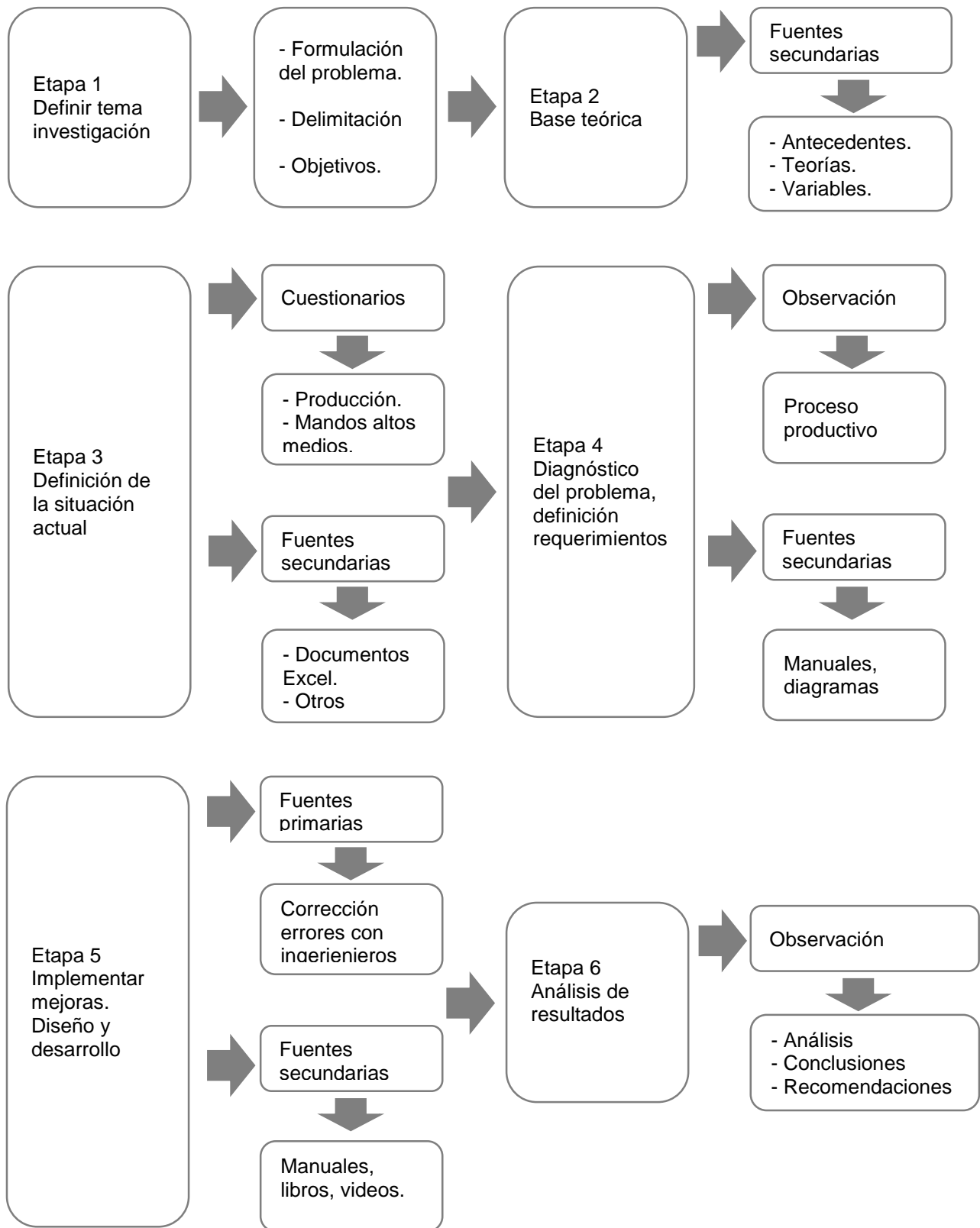


Figura 5

Diagrama de diseño de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO IV
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 SITUACIÓN ACTUAL

4.1.1 Informe de producción.

En la actualidad, este proceso se realiza de forma 100 % manual, los operadores de los tornos CNC, además de realizar las configuraciones de estos equipos y otras actividades propias del puesto, toman y transcriben los datos en hojas físicas con un formato preestablecido.

En la figura 6, se muestra un reporte real del día 3 de noviembre de 2017 y en él se puede observar la poca información que se recolecta, básicamente, se resume en informar las cantidades de piezas buenas o malas que se tuvieron y la parte que se produjo. Los tiempos muertos se mencionan, pero no son muchos y no se entra en detalle, solo se registran aquellos que representan pérdidas de tiempo significativas, omitiendo micro paradas que, según lo observado, son frecuentes, pero difíciles de registrar al ojo humano y que pueden representar un porcentaje significativo que afecta la disponibilidad de los tornos CNC y, por lo tanto, el rendimiento.

CONTROL PASS DOWN PARTES MAQUINADAS					
TURNO A		Buenas	Rechazos	Tiempos Muertos	FECHA
Torno 1	SKU FAB-12099	600/110	0	despeje	03 Nov 17
Torno 2	SKU 100211-I	235	0	- - -	
Torno 3	SKU 100171	188	0	se detiene por Aseje de la Rosca y dentos	
Actividades Limpieza y Revision Recolector <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza de Tanque <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza exterior de tornos <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza en mesas de trabajo <input checked="" type="checkbox"/>				Comentarios del turno 	
				Firma entregado <u>Yovani 03 Nov 17</u>	

Figura 6

Reporte manual partes maquinadas.

Fuente: Taller partes maquinadas, HLX Surgical Products.

Después de recolectar esta información, se traslada a una hoja de Excel (figura 7) y de ahí se envía por correo electrónico para transmitir los resultados de cada turno a las jefaturas y gerencia, con esto se aumenta la posibilidad de generar más información errónea al transcribir datos de un medio a otro.

En esta hoja se realiza el cálculo de los únicos dos indicadores de producción que se llevan: la calidad de la producción (*Schedule Adherence*) y la eficiencia de la producción (*Yield*), que resultan poco reales al no tomar en cuenta otros factores que intervienen en el proceso y que los convierte en el medidor de desempeño menos conveniente para el área en estudio.

Reporte de Producción								Machined Parts			
Turno A											
Lote	Núm. de Parte	Operación	Operador	Tiempo. Prod.	Meta	Pcs Buenas	Scrap	Comentario	Tiempo No Prod.	Yield	Schedule Adherence
MY0614H30-01-R	100179	torno	Pruiz	5,5	275	147	0	Multiples alarmas subspindle, llenar aceite de lubricacion, hacer bisel e barras y tiempo no producido torno1	3	100%	108%
MY0314H30-01-R	100242	torno	Pruiz	5,5	1100	580	0	llenar aceite de lubricacion, hacer bisel en barras, ajustes, alarma subpsindie	3	100%	107%

Figura 7

Reporte de Excel.

Fuente: Taller partes maquinadas, HLX Surgical Products.

Con esto se evidencia que el control que se hace en esta área productiva presenta grandes problemas, por tratarse de un método manual que produce datos imprecisos y poco confiables, y que, además, está a cargo de personas que no solo

tienen esa responsabilidad. Como es evidente, es difícil que alguien cuente con la sensibilidad necesaria para poder ser preciso y constante a la hora de registrar los tiempos de paradas y de arranques.

Por estas razones, la gerencia toma la decisión de cambiar el método manual por la implementación de un sistema informático automatizado que permita recoger toda esta información, con el fin de servir como instrumento para obtener el mejor aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta.

4.1.2 Registro de paradas programadas y no programadas.

Los tiempos muertos producto de paradas planificadas y no planificadas se registran de forma manual y aproximada durante turnos de 8 horas, por los operadores de los tornos. No existe una herramienta que permita la captura de los tiempos de manera exacta, por lo tanto, queda a criterio de esta persona el registro de estos tiempos. Quien, según lo observado, solo se limita a reportar los paros que representan tiempos muertos significativos y omiten el registro de micro paradas o tiempos muertos cortos, porque son difíciles de capturar por la rapidez con que se dan y por la frecuencia.

Además, la justificación de los tiempos no productivos se caracteriza por ser poco detallada, se limita a unos pocos rubros de justificación. Por ejemplo, normalmente, los paros que se describen son por tiempos de comidas o por lo que ellos denominan seteos (ajustes mecánicos para poder maquinar las partes). Esto origina que se omita información valiosa, la cual permita conocer a fondo el estado

eléctrico y mecánico de los tornos CNC y que, sin duda alguna, sería útil cuando se desee aplicar programas de mantenimiento preventivos y compra de repuestos.

En resumen, el cálculo y registro de estos tiempos de forma manual, la imposibilidad de capturar las micro paradas y la omisión de datos provocan que se maneje información falsa o imprecisa, produciendo indicadores erróneos, muchas veces inflando los resultados. Esta información, al carecer de confiabilidad, imposibilita su uso a la hora de tomar decisiones y hace casi nulas las posibilidades de actuar con prontitud ante alguna situación, haciendo más difícil de conseguir la mayor productividad del departamento.

4.2 DIAGNÓSTICO ADMINISTRATIVO U OPERATIVO

Para tener un panorama claro de cómo está la organización y entender por qué se decide implementar este proyecto, se debe indicar que todos los procedimientos y procesos están normados. La empresa es líder en la fabricación de productos médicos en su división y cumple con las normas de los entes que la rigen, como es el caso de la FDA. Sin embargo, en procura de hacer las cosas cada vez mejor, adopta o pretende seguir modelos como es el caso de SHINGO, para poder alcanzar ese estatus de excelencia.

Este modelo incluye entre sus fundamentos la mejora continua y es aquí donde el proyecto impulsado por la gerencia tiene validez, porque, a pesar de que todo está normado y se cumple con las demandas, se quiere cambiar la forma de control de esa área por un sistema automatizado que ayude a obtener una eficiencia mayor del

departamento y, por consecuencia, del proceso productivo. En resumen, la organización decide implementar el proyecto como un aporte para alcanzar la meta de buscar la excelencia y la perfección, para obtener un mayor reconocimiento mundial.

Específicamente, el departamento de partes maquinadas es la base fundamental del proceso productivo de los dispositivos médicos que se construyen en la organización, por eso la necesidad de aplicar una mejora a esta área. En la figura 8, se muestra el diagrama de flujo del proceso que llevan las partes desde que se recibe como materia prima hasta ser convertidos en subensambles. Ahí se puede observar que, por estar el taller en medio de ese proceso y seguir una secuencia, cualquier atraso o incumplimiento en tiempos o cantidades de piezas buenas repercute directamente en el resto de la producción.

Esta área cuenta con cinco tornos CNC que trabajan 24/7 para cumplir con la demanda de partes, a continuación, se citan los principales problemas encontrados en cuanto a lo operativo se refiere. Los mismos se detectaron por medio de la observación, el análisis de los reportes que se generan al final de cada turno y producto de la opinión de las personas que participan en el proceso productivo directa o indirectamente:

- El registro de los datos se realiza de forma completamente manual, de igual forma, se registran los tiempos por concepto de paros no productivos.
- No existe una supervisión adecuada o forma de controlar y garantizar que la información que se registra sea cierta, esta falta de supervisión, a su vez,

permite que los operadores tengan la posibilidad de detener los tornos y de mentir, si se desea, en la justificación de los paros.

- Solo se genera un reporte en Excel transcrito desde hojas de producción que aumenta la posibilidad de incurrir en errores.
- No existe un plan de mantenimiento preventivo programado, por la excesiva sobrecarga de trabajo a la que se ven sometidos los tornos.
- No existe una persona o puesto externo al taller que se encargue del registro de la información que generan los tornos, el mismo operador lo hace y esto posibilita la manipulación a conveniencia de los datos.
- Los altos mandos son los últimos en enterarse del estado del área, debido a que no existe un sistema que proporcione información en tiempo real, ya que el reporte se envía al finalizar cada turno de 8 horas.

Por último, es importante mencionar que todas estas situaciones no solo afectan esta área, sino que cualquier situación negativa que se dé aquí repercute directamente en el producto final, causando problemas mayores como incumplimientos en tiempos de entrega o pérdidas económicas y lo más importante, se genera un daño a la imagen de la empresa a nivel internacional.

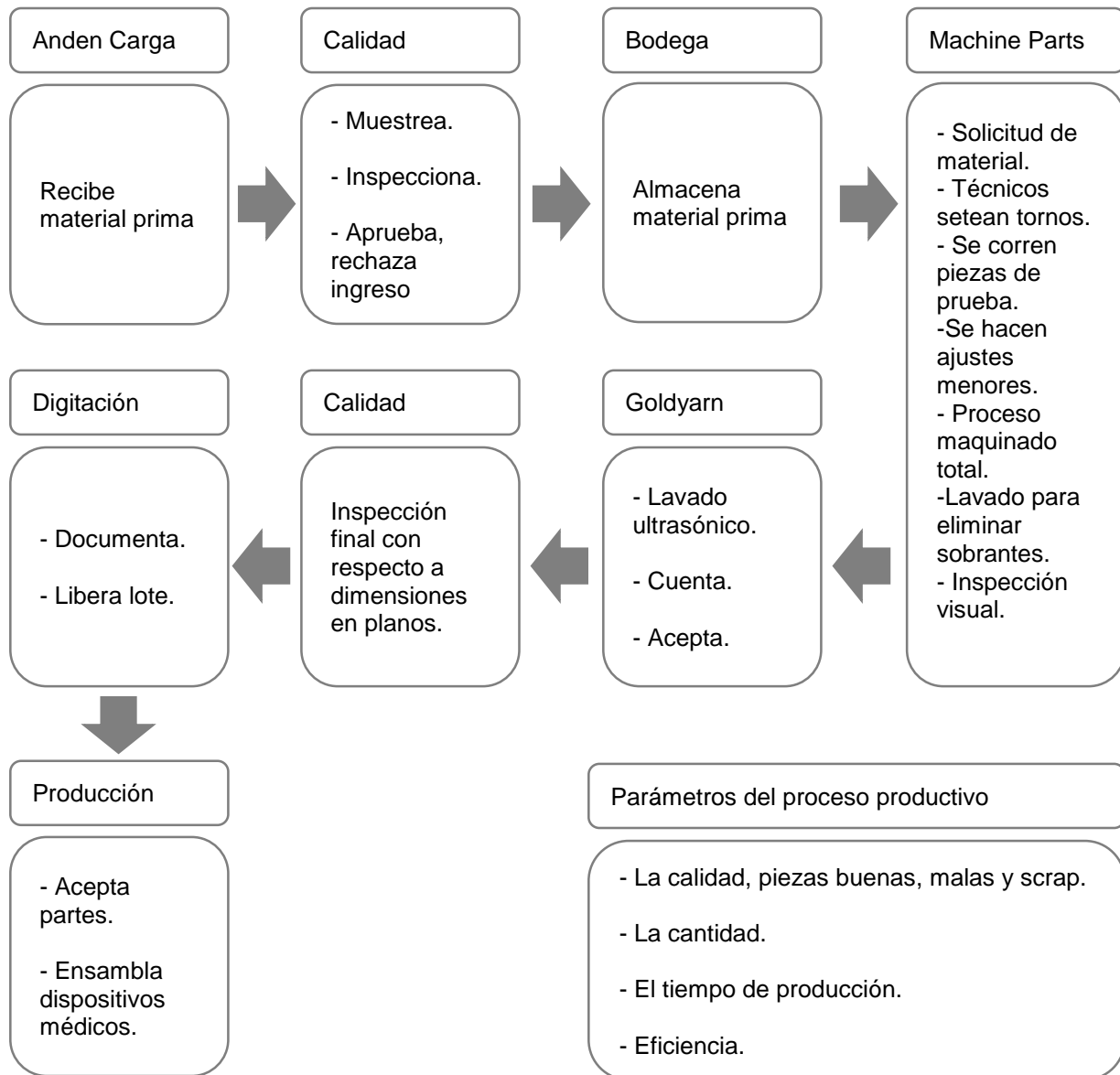


Figura 8

Diagrama de flujo de proceso productivo.

Fuente: Taller partes maquinadas, HLX Surgical Products.

4.3 DIAGNÓSTICO TÉCNICO

Según la norma FDA 21 CFR 820.75 (apéndice 7.2.1), ente que rige las operaciones de la organización donde se realiza el proyecto, indica que los equipos que ya están validados no deben ser modificados en *software* o *hardware*, si esto ocurriera, se debe revalidar el equipo. Esto representaría la pérdida de dinero, tiempo y afectaría la producción.

Por lo tanto, para poder desarrollar el proyecto y evitar la revalidación de los tornos, se debe usar la señal eléctrica que se produce al generarse un paro y enviarla a un panel externo ya existente que cuenta con un autómatas programable, el cual servirá de puente para enviar los datos a la red de la compañía, de ahí podrán ser accedidos por la aplicación que se desarrollará por medio de Indusoft Studio 7.1 (ver figura 9). Es importante mencionar que la organización cuenta con dos servidores con esta herramienta y sus respectivas licencias de desarrollo y de ejecución.

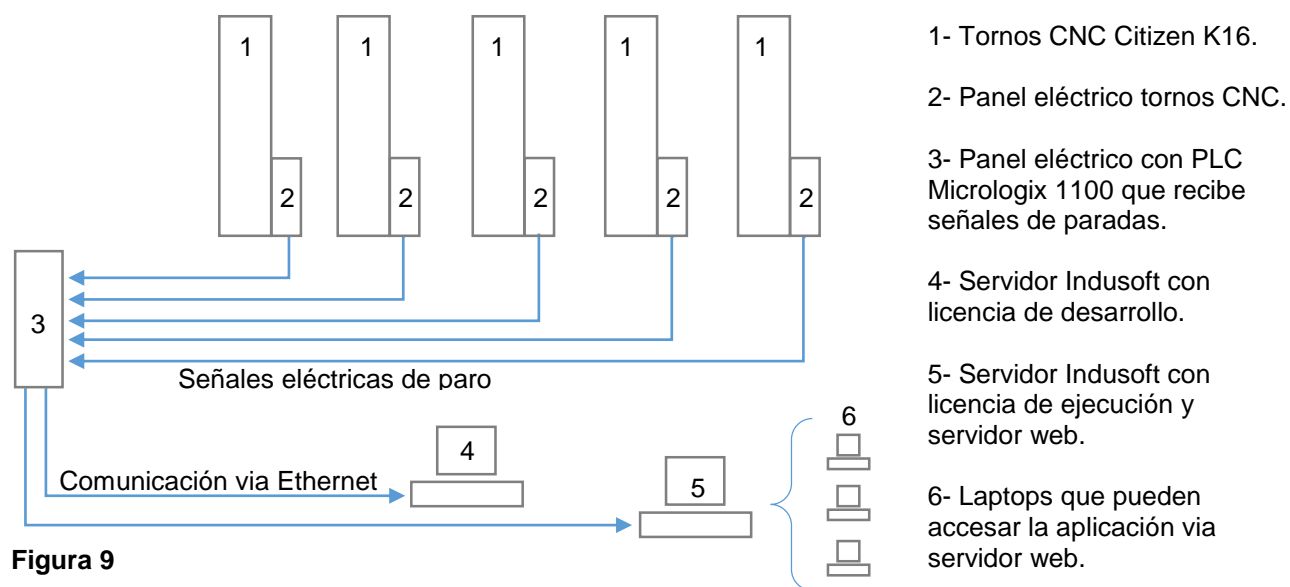


Figura 9

Diagrama de equipos y señales.

Fuente: elaboración propia.

Así mismo, la organización tiene un departamento de Tecnologías de la Información, que cuenta con el personal capacitado para garantizar la seguridad, control y correcto funcionamiento tanto de los servidores de desarrollo como de ejecución, así como de la red de comunicación empresarial y sus respectivos accesos.

Para el caso de la parte de electrónica, posee técnicos especializados con altos conocimientos y un departamento de automatización bien establecido, el cual será el encargado de velar por el correcto funcionamiento de la aplicación que medirá la eficiencia general de los tornos, garantizando la correcta operación de la aplicación, del PLC y demás periféricos, así como sus respectivas configuraciones. En la tabla 3, se detalla la estructura de soporte de las personas que participan de ese proceso, así como sus respectivos roles tanto del departamento de Automatización como de Tecnologías de Información.

Tabla 3

Estructura de soporte para aplicación propuesta

Departamento	Profesión	Puesto laboral	Roles
Automatización	Ing. Informática Diplomado Electrónica	Técnico Automatización 3	- Mantenimiento, cambios, etc. aplicación OEE propuesta. - <i>Hardware</i> (PLC, HMI, paneles eléctricos) - Configuraciones y programación PLC y HMI.
Automatización	Diplomado Electrónica	Técnico Automatización 3	- <i>Hardware</i> (PLC, HMI, paneles eléctricos) - Configuraciones y programación PLC y HMI.
Tecnologías de la Información	Ing. Informático	Ingeniero P1	Solución problemas de red y servidores.
Tecnologías de la Información	Ing. Informático	Ingeniero P1	Solución problemas <i>hardware</i> y <i>software</i> (<i>desktops, laptops</i>)

Tecnologías de la Información	Diplomado Informática	Técnico 2	Solución problemas <i>hardware</i> (<i>desktops</i> , <i>laptops</i> , impresoras)
-------------------------------	-----------------------	-----------	---

Fuente: elaboración propia.

En resumen, la organización cuenta con:

- Cinco tornos CNC Citizen K16 con características que permitan la extracción de información por medio de señales digitales generadas por los módulos de salida del PLC. Es importante mencionar que, como se trata de equipos que están validados, no se pueden hacer modificaciones a la programación ni al *hardware*, como agregar módulos de comunicación para poder extraer los datos, solo se permite hacerlo con los recursos ya existentes. En este caso, se toma una señal que genera el torno cada vez que se detiene (alarma) y se envía a otro PLC para que la procese.

- El PLC y la electrónica necesaria para el procesamiento de la señal y el envío de la información por medio de la red empresarial.

- Los programas y licencias tanto para desarrollar la aplicación, así como para extraer los datos del PLC que sirve de puente, los cuales, en este caso, ya vienen incluidos en Indusoft, reduciendo los costos del proyecto porque si no, se tendría que haber invertido en una licencia aparte para lograrlo.

- Ingenieros y técnicos para poder dar soporte a todo el sistema, tanto a nivel electrónico como de TI.

Técnicamente qué está pendiente de realizar:

- Las conexiones eléctricas de las señales de parada de cada torno CNC al panel donde se encuentra el PLC.
- Las configuraciones de comunicación entre PLC y servidores de desarrollo y ejecución de la herramienta Indusoft, así como la comunicación con la computadora para programar las líneas de procesamientos de señal en el autómata.
- Levantamiento de requerimientos de software, diseño de base de datos y aplicación.
- Desarrollo de la aplicación, puesta en marcha y corrección de errores.

4.4 DIAGNÓSTICO DE PERCEPCIÓN DEL PERSONAL

4.4.1 Encuesta aplicada al departamento de producción.

La presente encuesta se realizó con el fin de demostrar y reafirmar que el método de control que se utilizaba en el área de estudio presenta una serie de problemas y falencias, las cuales, en vez de ayudar, representan una carga para las personas que lo llevan. A continuación, se presentan los resultados obtenidos al realizar el cuestionario a personas involucradas con el proceso en el departamento de producción.

1. ¿Considera que el método actual de recolección de datos es ágil y no le afecta en sus otras labores?

El 83.3 % de las personas opina que el sistema actual es lento, poco ágil y le afecta en la ejecución de sus otras labores, debido, en gran medida, a que deben estar

apuntando en qué momento se detiene un torno y cuándo arranca, así como la elaboración del reporte escrito y la transcripción a la computadora para el envío del mismo cada final de turno.

2. ¿Cree que el método actual utilizado es propenso a que se cometan errores a la hora de transcribir datos?

El 91.6 % de las personas considera que el sistema es vulnerable y permite en gran manera la posibilidad de cometer errores a la hora de tomar los datos y de transcribirlos a la hoja de Excel que se usa para enviar la información por correo electrónico.

3. ¿El sistema de control actual permite el registro automático de paros de cada torno CNC?

El 100 % de los encuestados indica que el sistema de recolección manual que se usa actualmente omite la captura y procesamiento automático de los paros que se presentan en los tornos CNC, con lo cual se dificultan las funciones de los encargados del registro de los mismos y, además, como es evidente, se produce la omisión de datos por solo registrar aquellos que representan paros grandes y también por recogerlos de forma manual.

4. ¿Qué tan difícil es para usted llevar el control de los tiempos de paros de los tornos CNC?

La mayoría de las personas consultadas indican que llevar el control de los tiempos de paros de los tornos CNC resulta ser poco fácil o nada fácil, confirmando lo tedioso que resulta el método que se usa actualmente. El sistema no permite la captura automática de paros y se pierde mucho tiempo tratando de llevar este control, además

de esto, mencionan que los datos recolectados son poco fiables, pues se toman de forma aproximada.

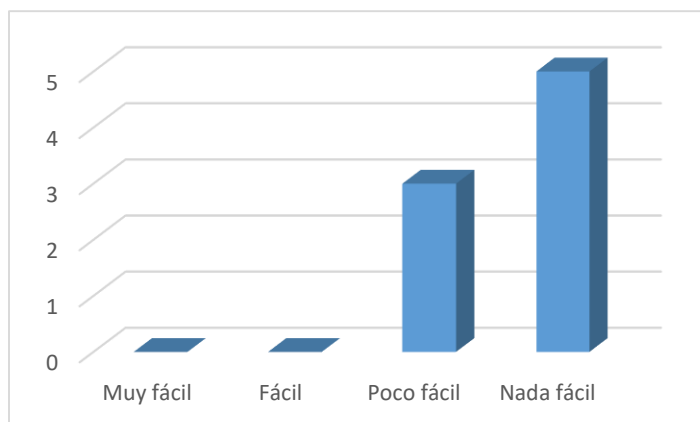


Figura 10

Gráfico del resultado de la pregunta 4 cuestionario 1.

Fuente: elaboración propia.

5. ¿El sistema actual permite conocer el tiempo de trabajo de los tornos CNC?

El 83.3 % de las personas está de acuerdo en indicar que el sistema actual no permite conocer el tiempo de trabajo de los tornos CNC, nunca se ha calculado y si se hiciera, sería de forma aproximada, pues es tomado de forma manual.

6. ¿El sistema de control actual le permite saber si los tornos CNC trabajan eficientemente?

Casi el total, un 91.6 % indica que no existe forma de conocer la eficiencia con la que trabajan los tornos CNC, no saben si están produciendo al límite o si estos aún pueden rendir más.

7. ¿Cómo considera usted que es el sistema actual de recolección de información de los tornos CNC?

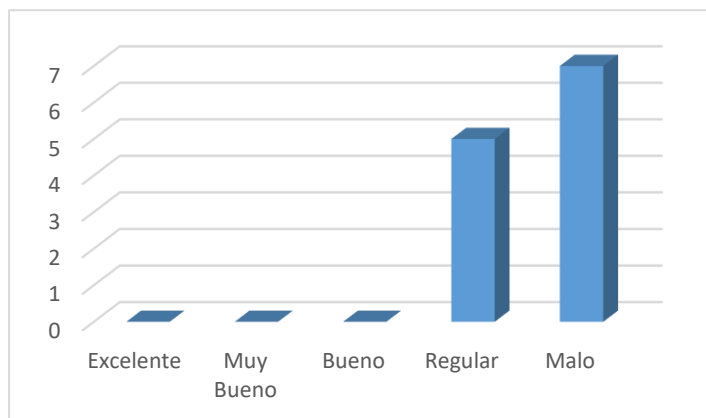


Figura 11

Gráfico del resultado de la pregunta 7 cuestionario 1.

Fuente: elaboración propia.

El 58.3 % de las personas opina que el sistema de recolección es malo y el 41.7 % es un poco más flexible y opina que es regular, aun así, se observa la insatisfacción con el sistema que se usa actualmente, por tratarse de un método que depende mucho de ellos.

8. ¿Considera usted que un sistema automatizado que permita el registro de información en forma automática le ayudaría en sus labores diarias?

El 91.6% está de acuerdo y considera que un sistema automático les ayudaría no solo en el desempeño de sus labores, sino también en el crecimiento productivo del departamento.

4.4.2 Encuesta aplicada al departamento de ingeniería.

Este cuestionario se aplicó a mandos medios y altos del departamento de ingeniería, con el propósito de confirmar que los mismos no cuentan con la información

disponible en tiempo real, dificultando la toma de decisiones por no contar con datos fiables a mano. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

1. ¿Puede conocer fácilmente la producción de turnos de meses anteriores?

El 75 % de los encuestados señala que no es fácil conocer datos de turnos de meses anteriores, que sí se registra, pero que es bastante difícil ponerse a buscar en hojas o correos esa información. Además, aseguran que la misma está disponible por un tiempo corto y después se desecha.

2. ¿Conoce usted cuál fue la eficiencia, disponibilidad y calidad de los tornos de los turnos anteriores?

La mayoría de las personas, un 87,5 %, indica que no se conocen indicadores de OEE de turnos actuales ni anteriores, más bien mencionan que ni siquiera se calculan.

3. ¿Qué tan difícil es para usted saber cuáles son las máquinas que presentan mayor tiempo de paro en el turno actual?

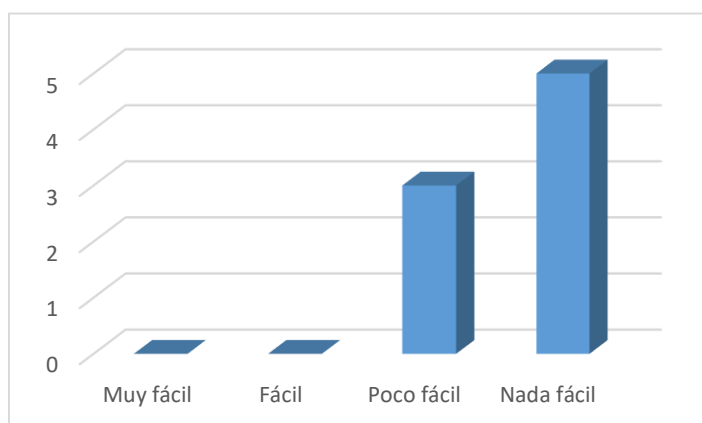


Figura 12

Gráfico del resultado de la pregunta 3 cuestionario 2.

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de las personas concuerda y afirma que existe mucha dificultad para saber cuáles son los tornos que presentan mayor tiempo detenidos, debido a que no existe un control detallado que permita consultar esa información, esto sumado a la ausencia de supervisión en turnos nocturnos, que posibilita la manipulación de esa información a conveniencia.

4. ¿Qué tan difícil es para usted saber cuáles son las máquinas que presentan mayor tiempo de paro en turnos anteriores?

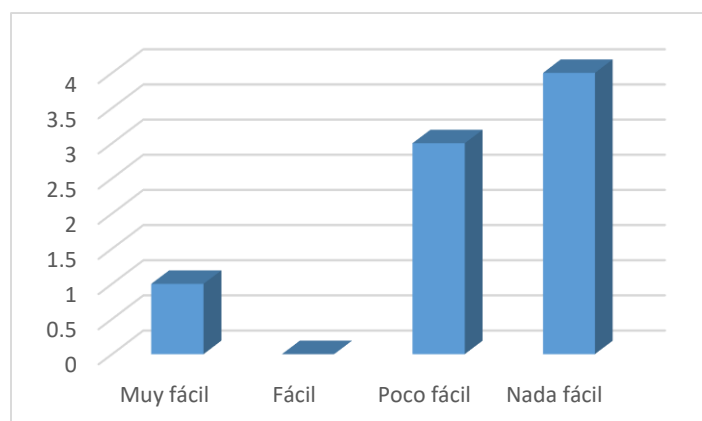


Figura 13

Gráfico del resultado de la pregunta 4 cuestionario 2.

Fuente: elaboración propia.

Al igual que el punto anterior, la mayoría de las personas indica que no es posible obtener ese tipo de información, pues no se cuenta con un sistema automatizado que lo permita.

5. ¿Cómo considera el método actual que se utiliza para saber cuáles han sido las máquinas que han estado presentando más paros en turnos anteriores?

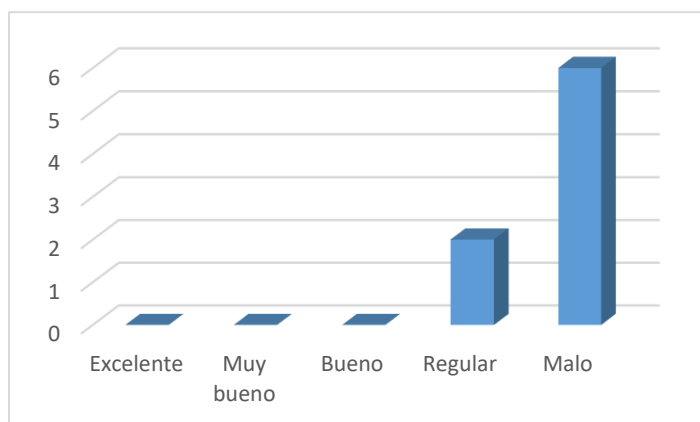


Figura 14

Gráfico del resultado de la pregunta 5 cuestionario 2.

Fuente: elaboración propia.

El método actual es considerado como malo por la mayor cantidad de personas, es poco ágil, ineficaz y representa una carga para las personas encargadas de llevar ese control. Consideran que no es la mejor forma de llevar ese control y que es propenso a generar información no confiable.

6. ¿Podría saber fácilmente cuáles son las causas de paro más comunes que están presentando los tornos?

El 87.5 % de los encuestados considera que no es posible conocer cuáles son los tornos con mayores tiempos improductivos, no existe forma de saberlo, pues no hay datos que puedan ser consultados ni en registros ni en tiempo real.

7. ¿Qué tan accesible es la información de la producción que se ha venido recolectando?

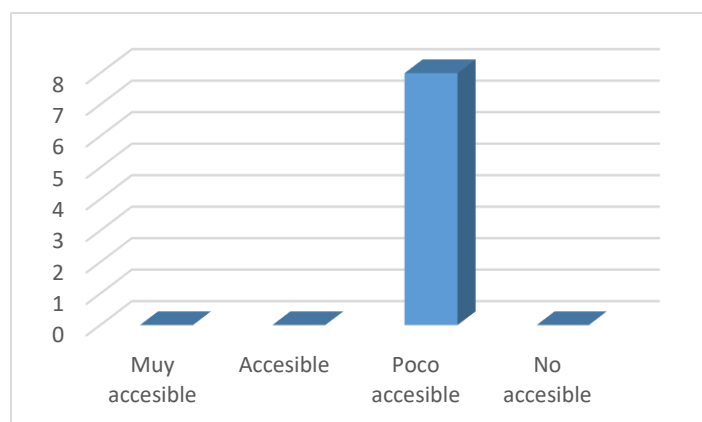


Figura 15

Gráfico del resultado de la pregunta 7 cuestionario 2.

Fuente: elaboración propia.

El total de las personas indica que la información es inaccesible, pues los registros en papel son desechados cada cierto tiempo y los que se enviaron por correos se van borrando de igual forma, al pasar el plazo destinado por el departamento de Tecnologías de la Información.

8. ¿Cree que el área de Machine Parts aumentaría la productividad con un sistema automático con información de producción e indicadores disponibles en tiempo real?

El 100% de las personas considera que el área en estudio se vería beneficiada con la implementación de un sistema automático para el control de indicadores de producción y que esto se reflejaría positivamente en la producción del departamento.

Todos los resultados obtenidos a lo largo de cada una de las preguntas elaboradas en estas dos encuestas confirman que el sistema actual es ineficiente, lento y que las personas que lo ejecutan lo ven como una carga que hace más difícil las

labores que llevan a cabo. Contar con un sistema automatizado ayudaría, indican ellos, a obtener un mayor rendimiento de los tornos CNC, evitando que los mismos sufran daños graves y lo más importante, un sistema como el propuesto aumentaría la productividad del área que, sin duda alguna, es lo que se quiere y busca en la organización.

Para concluir, es importante mencionar que la directriz de gerencia de implementar un proyecto como este, no es una decisión antojadiza y tomada como medida apaga fuego. Los resultados de estas encuestas respaldan tal decisión y confirman la necesidad del desarrollo y puesta en marcha de la aplicación.

4.5 BRECHAS

Tabla 4

Brechas

No existe registro automático de inicio y fin de paradas en los tornos.	Se requiere de un sistema que capture automáticamente.	Establecimiento de un sistema electrónico automatizado.
Registro manual de información que posibilita la generación de datos no confiables.	Necesidad de un sistema fácil de usar y confiable.	Implementación de un sistema informático.
Pérdida y no aprovechamiento de información recolectada.	Falta de registro y almacenamiento seguro y disponible de la información.	Crear base de datos relacional con gestor de base de datos SQL versión Express.

Información está disponible cada 8 horas al final del turno.	Método actual es ineficiente y poco ágil.	Agregar posibilidad de consulta de la información en tiempo real y generación de reportes.
--	---	--

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO V
PROPUESTA DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO

A diferencia del actual, el sistema propuesto es una aplicación que se accede por medio web y que está desarrollada por medio de la herramienta Indusoft, *software* que se usa mayormente en el área de la automatización, pero que, por características como licenciamiento, controladores y comunicación con autómatas programables de distintas marcas, la hacen la mejor alternativa para la solución en esta propuesta.

Esta aplicación permitirá la captura de los paros que registren los tornos CNC de forma automática, dejando al usuario encargado la descripción de cada uno de ellos por medio de una selección sencilla. También proporcionará datos de la producción, rendimientos, calidad, disponibilidad, OEE y paros de cada uno de los tornos en tiempo real, así como la facilidad de mostrar datos de turnos anteriores por periodos de tiempo deseados.

Por último, este sistema enviará, al finalizar cada turno, un correo electrónico a cada una de las jefaturas, con la información obtenida de cada torno, brindando la posibilidad de tener un reporte de la situación del taller cada 8 horas, pero también, como se mencionó en el párrafo anterior, cuentan con la posibilidad de tenerla en tiempo real mediante las gráficas en la aplicación.

5.1.2 Requerimientos técnicos.

Los requerimientos técnicos se obtienen producto de las limitaciones que dicta la norma de la FDA 21 CFR 820.75 sobre validaciones (apéndice 7.2.1), donde indica que un equipo que ya se encuentra en estas condiciones y sufre alguna modificación se

debe revalidar, situación que no se desea en este proyecto, porque involucraría la participación de un grupo mayor de personas, un largo proceso y lo más crítico, detener la producción del torno que se intervenga. Adicional a esto, se analizan los equipos con los que se cuenta, se revisan y analizan datos técnicos, manuales y toda la información relacionada que ayude a satisfacer las necesidades encontradas.

Por tal motivo y con el fin de dar la solución más rápida, económica y viable, se derivan los requerimientos que se citan a continuación:

- Hacer las conexiones y cableado necesario para poder enviar las señales eléctricas de los controladores de los tornos al PLC, que va a servir como puente para el envío de la información al servidor donde reside la aplicación.
- Realizar configuraciones de comunicación necesarias en el autómata programable (PLC) que recibe las señales producto de la detención de operación de cada uno de los tornos CNC, así mismo, crear la programación necesaria para el procesamiento de esos datos por medio de las herramientas de lenguaje propietario de estos dispositivos.
- Configurar comunicaciones en la herramienta de desarrollo Indusoft, para poder establecer acceso a los datos que se encuentran en el PLC que sirve de puente entre los tornos CNC y el servidor de la aplicación en desarrollo.
- Una vez creada la base de datos, realizar las configuraciones necesarias para establecer comunicación con la misma.

- Publicar la aplicación por medio de Internet Information Server (IIS), que reside en el mismo servidor donde está el programa.

5.1.3 Requerimientos de información.

La lista de requerimientos que se describe más adelante surge producto de la observación detallada y análisis profundo del proceso productivo, también del aporte valioso de todas las personas involucradas en el proyecto que colaboraron con una lluvia de ideas de las características importantes que debería tener la aplicación y también de una profunda investigación y consulta de fuentes secundarias. Los ingenieros a cargo de mejoras al departamento de manufactura juegan un papel importante en esta etapa, pues ellos son los clientes directos y aliados para la solución propuesta.

Estos son los puntos que se consideran importantes como requerimientos de información:

- Se debe crear un formulario por cada torno CNC que permita el registro de la información de cada turno, lote que se procesa, fechas de inicio y de cierre, usuario, parte que se produce y su respectivo tiempo ideal de manufactura, así como la cantidad de piezas buenas, malas y totales producidas.
- Es necesaria la creación de un formulario individual para cada uno de los tornos CNC que permita el registro automático de cada parada, proporcionando la fecha y la hora de inicio y final de esa detención. Así mismo, que permita de manera sencilla la justificación y cierre de cada una de estas paradas.

- Se debe generar un reporte por cada cierre de turno, enviándolo de forma automática por medio de un correo electrónico a cada persona que requiera esa información, con datos como lote y parte procesada, fechas de inicio y cierre de turno, piezas buenas, malas y totales, detalle de cada uno de los paros con nombre y sus respectivos tiempos de inicio y final y lo más importante, que muestre cada uno de los indicadores calculados, como lo son: OEE, disponibilidad, desempeño y calidad.
- Se debe crear un formulario donde se puedan ver los datos del último turno cerrado por medio de cuadros de textos y gráficos de barras. La información será la misma citada en el párrafo anterior y servirá para tener estos datos a mano y accesibles para todos.
- De igual forma, es necesario que exista un gráfico donde se pueda observar la información de la eficiencia general de los equipos (OEE), con datos como disponibilidad, rendimiento y calidad de cada uno de los tornos en forma individual y en el tiempo que se desee.
- Debe existir una pantalla donde se muestre, por medio de gráficos de barras, la información relacionada con cada uno de los paros que se presenta en los tornos, proporcionando la cantidad de incidencias que se dan por cada uno y el tiempo perdido de los mismos.

5.2 BASE DE DATOS

5.2.1 Lista de tablas.

Tabla 5

Descripción de tablas de base de datos

Nombre	Descripción
tbl_Usuarios	Almacena la información de todos los usuarios de la base de datos.
tbl_Lotes	Guarda la información correspondiente a la orden de trabajo de cada turno.
tbl_Maquinas	Contiene la información de los tornos CNC.
tbl_DemorasXLote	Almacena el detalle de cada demora registrada para cada turno.
tbl_Demoras	Guarda la información de los paros
tbl_Tiempos	Tiene el detalle de los ciclos ideales de producción de cada máquina.
tbl_OEE	Almacena la información del cálculo de los indicadores de OEE.

Fuente: elaboración propia.

5.2.2 Diagrama entidad - relación.

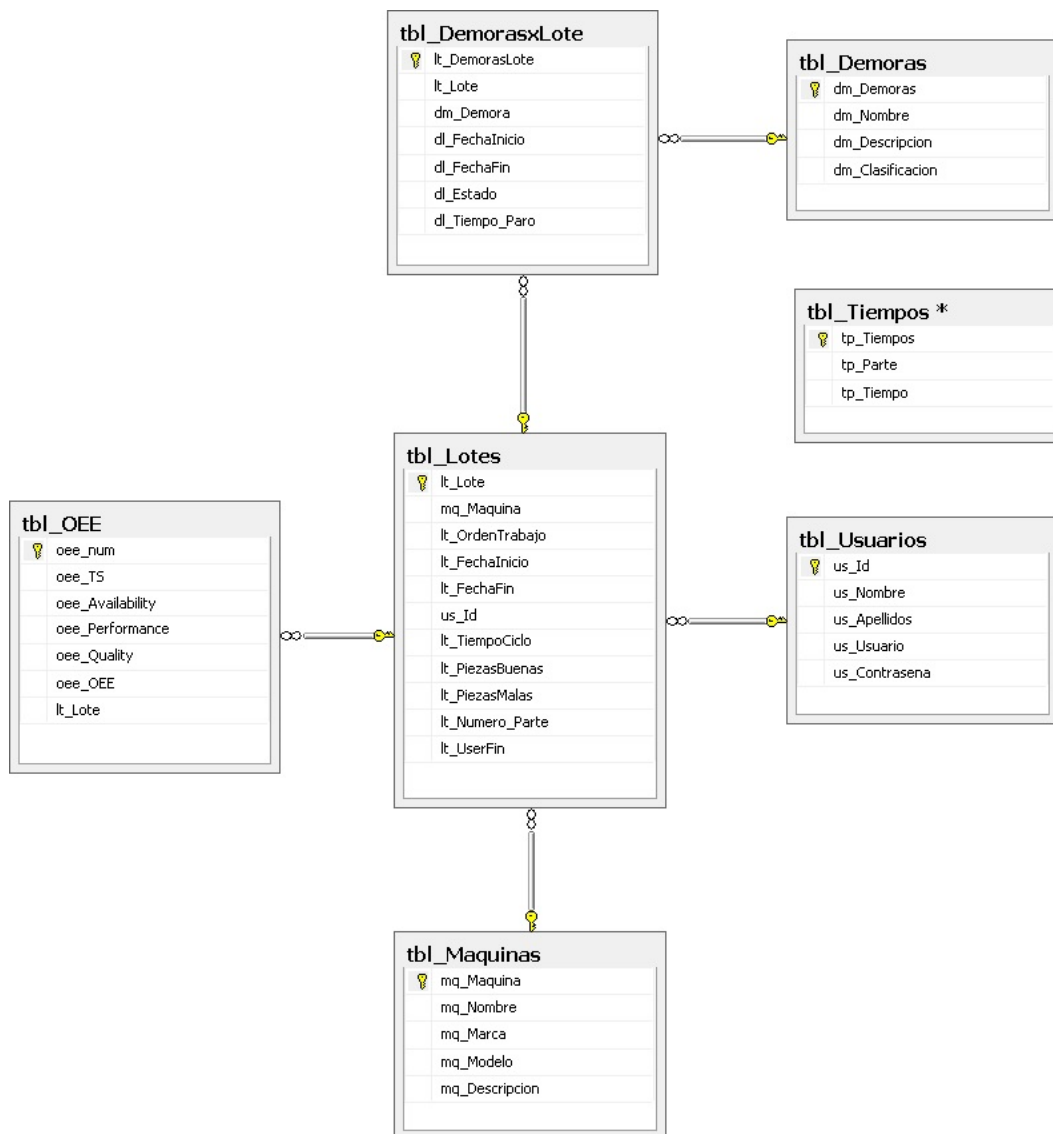


Figura 16

Diagrama Entidad - Relación.

Fuente: elaboración propia.

5.3 APLICACIÓN PROPUESTA

Como se había mencionado en capítulos anteriores, la aplicación se desarrolla con Indusoft, la cual es una herramienta que se usa mayormente en la industria manufacturera, por integrar características o propiedades importantes como la posibilidad de establecer comunicación con la mayoría de las marcas de autómatas disponibles en el mercado, almacenamiento y comunicación con base de datos, posibilidad de generar código VBScript, uso de .Net y ActiveX Control, entre otros.

Específicamente, el aporte que se da en la solución del problema que se plantea en el principio de este documento y como objetivo principal que se deseaba cumplir, se realiza un proyecto desde cero, desde la etapa de levantado de requerimientos, así como el diseño de base de datos, creación de cada formulario y el código VBScript, para que toda la aplicación funcione adecuadamente. De igual forma, se hacen todas las configuraciones de comunicación y programas de PLC necesarios para la operación del sistema.

De manera puntual, la mejora que se obtiene al implantar este proyecto radica, principalmente, en el cambio de un método manual a uno automatizado, a la posibilidad de tener reportes o gráficas con información confiable en tiempo real y disponible cuando se necesite y no menos importante, al control que se puede llevar de cada uno de los tornos, con datos como fallas comunes, tiempo de trabajo, rendimientos, etc.

También es importante mencionar que el departamento de automatización, el cual es el que colabora para la realización del proyecto, ya contaba con las licencias

tanto de desarrollo como de ejecución de esta herramienta, esto sumado al bajo presupuesto con el que se contaba para el proyecto, imposibilita la compra de algún otro; pero cabe destacar que, aunque el presupuesto hubiera sido más grande, no se hubiera considerado la posibilidad de adquirir otro *software* de desarrollo, por las múltiples características y ventajas ya mencionadas que vienen incorporadas en Indusoft.

Seguidamente, se muestran pantallazos de la aplicación desarrollada. Como se mencionó anteriormente, no existía nada previo a este proyecto más que una hoja de Excel donde se guardaban datos, así que es importante recalcar que no se trata de un tema solo de configuración, todos los formularios, gráficas, reportes y código VBScript se hicieron desde cero por medio de Indusoft, así como cada una de las configuraciones de comunicación necesarias.

En la sección de anexos, se adjuntan las guías de configuración para establecer comunicación con el PLC desde la computadora de desarrollo, así como la comunicación del autómatas con la aplicación desarrollada. Esto porque se considera importante como material de apoyo, en caso de que alguien desee replicar o mejorar este proyecto.

En esta primera etapa, se implementa un plan piloto que, primeramente, se había pensado para tres de los cinco tornos, pero al final se hace en cuatro de ellos. Así mismo, tomando esta etapa como base, se pueden hacer mejoras y ampliarlo no solo en cobertura a otros tornos, sino también a otros departamentos como es el caso del área de láser. Además de esto, se puede generar la cantidad de reportes que las

personas a cargo del departamento consideren necesaria, pero en esta etapa, por tratarse de un piloto, se generan solo los que se consideraron necesarios.

5.3.1 Descripción de la aplicación desarrollada en Indusoft.

Para ingresar a la aplicación, se debe abrir el Internet Explorer, dar clic en favoritos y seleccionar de la lista Indusoft *Inicio 1*, como se muestra en la figura 17. Se puede usar cualquier otro navegador, pero el que está autorizado para usar en la organización es este.

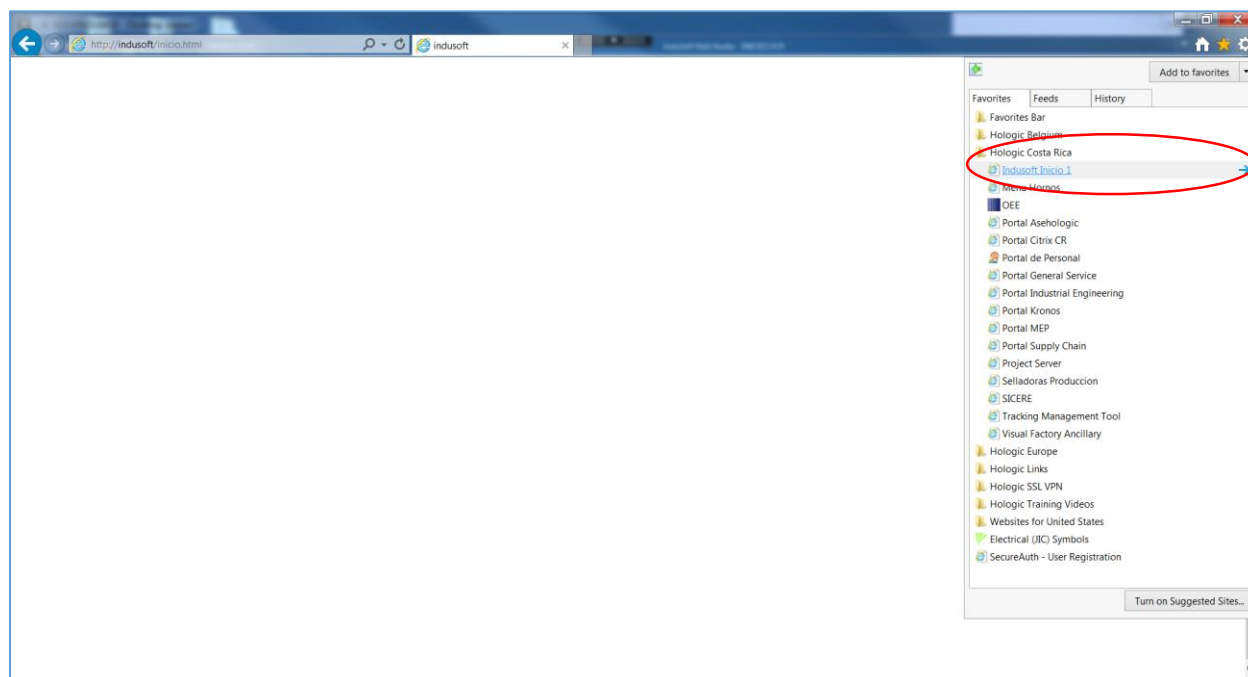


Figura 17

Pantalla enlaces Internet Explorer.

Fuente: elaboración propia.

Esta es la primera pantalla propia del sistema (figura 18) y sirve para autenticarse y poder entrar a la aplicación.

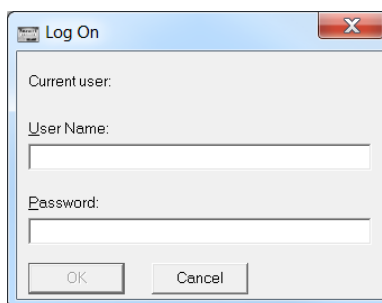


Figura 18

Pantalla acceso.

Fuente: elaboración propia.

Si se cuenta con permisos, se abrirá la ventana de inicio que aparece en la siguiente ilustración (figura 19), ahí tendrá la posibilidad de administrar usuarios, cambiar su contraseña, ingresar a la ventana de OEE o simplemente salir.

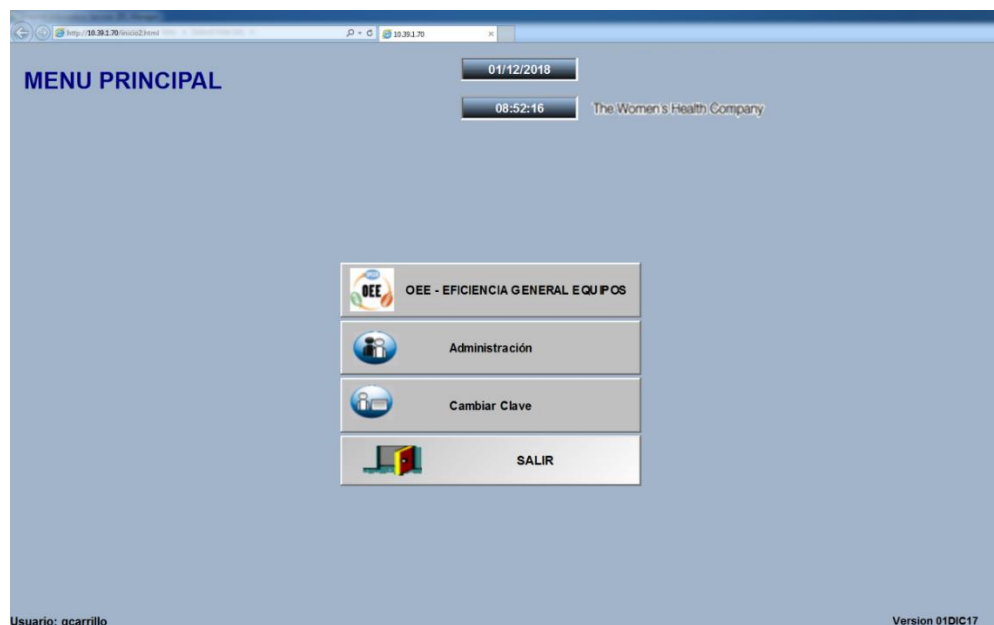


Figura 19

Pantalla menú.

Fuente: elaboración propia.

Si se da clic en OEE – Eficiencia General de los Equipos, se abrirá una pantalla como la de la figura 20, en ella se podrá ingresar al torno CNC de partes maquinadas que se desee, también se dejó la prevista para ampliarlo al área de láser en un corto plazo. A la izquierda de la pantalla, se puede ingresar a las gráficas donde se puede ver información de producción e indicadores de turnos anteriores e información detallada de paros y sus incidencias.

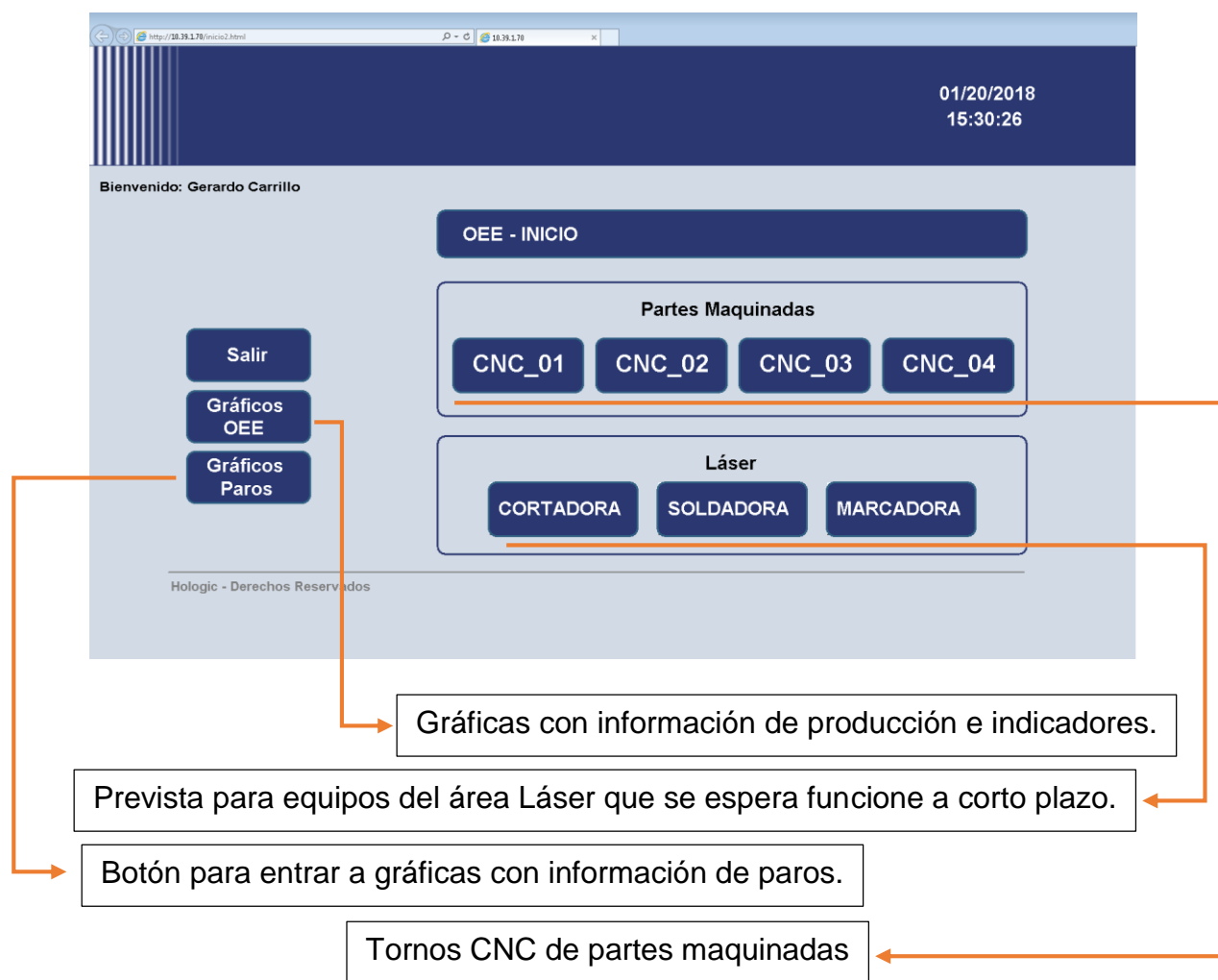


Figura 20

Pantalla principal OEE.

Fuente: elaboración propia.

Al seleccionar cualquiera de los tornos CNC, se abrirá una pantalla como la que se muestra en la figura 21, en ella el responsable deberá proporcionar datos como orden de trabajo y número de parte. Los campos como operador, tiempo promedio y fecha y hora de inicio se llenan automáticamente. Una vez que se haya proporcionado esta información, se podrá iniciar un turno pulsando ese botón.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://10.39.1.70/inicio2.html`. The page title is "MÁQUINA CNC_01". The user is logged in as "Gerardo Carrillo". The interface includes the following fields and buttons:

- Operador:** Gerardo Carrillo
- Orden de Trabajo:** [Empty text field]
- Numero de parte:** Seleccione un número de parte... (dropdown menu)
- Tiempo promedio de ciclos en segundos:** [Empty text field]
- Fecha de inicio:** 01/12/2018 08:28:50
- Cantidad de piezas buenas:** 0
- Cantidad de piezas malas:** 0
- Cantidad de piezas totales:** 0
- Fecha de fin:** 01/12/2018 08:28:50
- Estado de Demoras:** Justificadas
- Buttons:** Inicio, Iniciar Turno, Ingresar

Annotations in the image:

- An orange box highlights the "Inicio" button.
- An arrow points from the "Inicio" button to a label: "Botón inicio de turno".
- Another arrow points from the form fields to a label: "Datos requeridos para inicio de turno."

Figura 21

Pantalla máquinas CNC

Fuente: elaboración propia.

El campo orden de trabajo tiene un formato que se debe cumplir. En el momento que se incumpla esto, el sistema enviará un mensaje indicándolo; al aceptar ese

mensaje, se borrarán los datos para que se vuelvan a incluir. De igual forma, si no se introduce la orden de trabajo o no se selecciona un número de parte, el sistema lo notificará y no dejará que se inicie un turno.

Una vez iniciado el turno, el sistema empezará a capturar los paros que se den en el turno, si se registrara un paro, la leyenda estado de demoras cambiará de *Justificadas* a *Sin Justificar* y se podrá ingresar a la pantalla donde se detallan las demoras por medio del botón ingresar (ver figura 22).

01/12/2018
08:30:46

Bienvenido: Gerardo Carrillo

MÁQUINA CNC_02

Operador	Gerardo Carrillo	Cantidad de piezas buenas	0
Orden de Trabajo	MYO1918A0401R	Cantidad de piezas malas	0
Numero de parte	FAB-12700	Cantidad de piezas totales	0
Tiempo promedio de ciclos en segundos	65.88	Fecha de fin	01/12/2018 08:30:46
Fecha de inicio	01/05/2018 05:51:17		

Estado de Demoras:
Sin Justificar

Ingresar

Figura 22

Ingreso a demoras.

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la pantalla demoras (ver figura 23), se podrán observar dos tipos de paros: los que ya están registrados con sus respectivas horas de inicio y de fin (cuadro en la parte superior) y, también en la parte inferior, la demora que se está dando en ese momento, si existiera alguna.

Bienvenido: Gerardo Carrillo

OEE - DEMORAS CNC_02

Lista de demoras sin justificación:

ID	Orden de Trabajo	Nombre	Inicio	Final
91463	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 5:51:22 AM	1/5/2018 6:01:31 AM
91464	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 6:02:49 AM	1/5/2018 6:05:31 AM
91479	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 7:19:09 AM	1/5/2018 7:20:41 AM

Regresar

Tipos de demoras: Seleccione una demora... Actualizar

Demoras en ejecución

ID	Orden de Trabajo	Nombre	Fecha Inicio
91525	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/11/2018 2:26:52 PM

Hologic - Derechos Reservados

Demora que se está dando en ese momento.

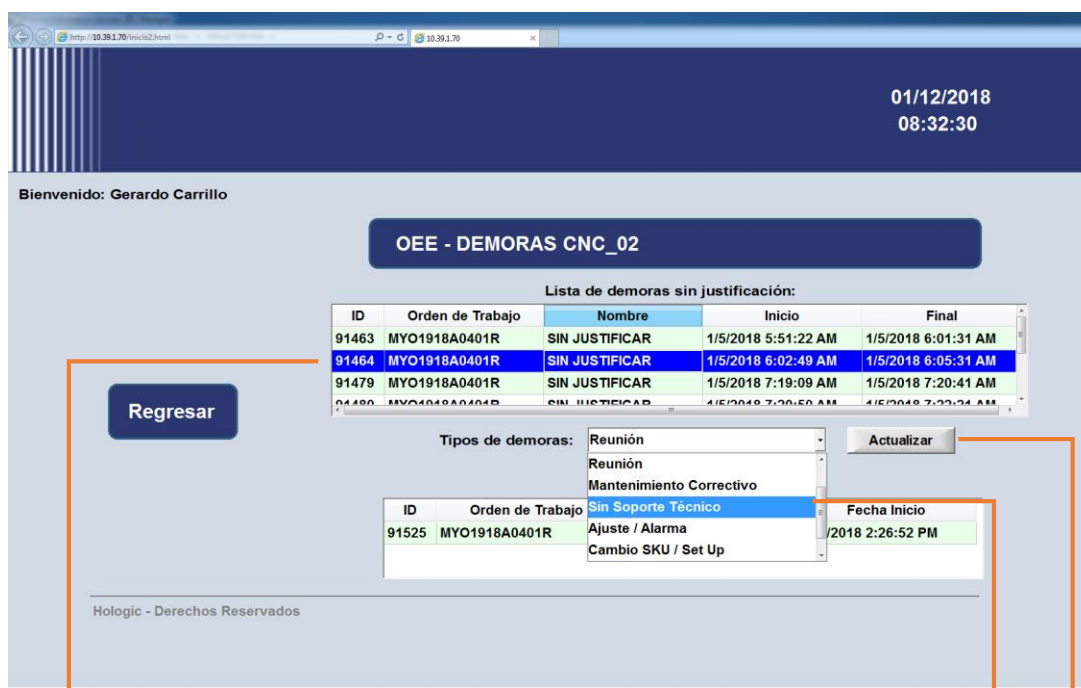
Demoras sin justificar ya registradas con sus tiempos de inicio y fin.

Figura 23

Pantalla registro de paradas.

Fuente: elaboración propia.

En la pantalla que se muestra en la figura 24, el usuario deberá indicar el motivo por el cual se perdió ese tiempo, marcando la demora en el cuadro de arriba y seleccionando de la lista *Tipos de demoras* la razón o causa que justifique esa detención. Para finalizar, deberá dar clic en actualizar y esta desaparecerá de la lista, lo recomendado es que se justifiquen en el momento que el turno vuelva a arrancar, para que la información sea veraz y esté disponible más rápidamente.



01/12/2018
08:32:30

Bienvenido: Gerardo Carrillo

OEE - DEMORAS CNC_02

Lista de demoras sin justificación:

ID	Orden de Trabajo	Nombre	Inicio	Final
91463	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 5:51:22 AM	1/5/2018 6:01:31 AM
91464	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 6:02:49 AM	1/5/2018 6:05:31 AM
91479	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 7:19:09 AM	1/5/2018 7:20:41 AM
91480	MYO1918A0401R	SIN JUSTIFICAR	1/5/2018 7:20:50 AM	1/5/2018 7:22:31 AM

Regresar

Tipos de demoras: Reunión
Reunión
Mantenimiento Correctivo
Sin Soporte Técnico
Ajuste / Alarma
Cambio SKU / Set Up

Actualizar

ID	Orden de Trabajo	Fecha Inicio
91525	MYO1918A0401R	2018 2:26:52 PM

Hologic - Derechos Reservados

Marcar demora que se desea justificar.

Seleccionar la razón por la cual se detuvo.

Dar clic en actualizar para cerrar registro.

Figura 24

Justificación de paradas.

Fuente: elaboración propia.

Una vez justificadas y cuando se haya terminado el turno, se podrá introducir los datos de las piezas buenas y malas, la casilla de total se autocompleta al tener esos datos y ya se podrá dar por finalizado el turno. Si no se llenan esos campos, el sistema mostrará un cuadro informándolo. Cuando se finaliza un turno, se genera automáticamente un reporte que se envía por correo electrónico. A continuación, se muestra un ejemplo de ese reporte (Figura 25).

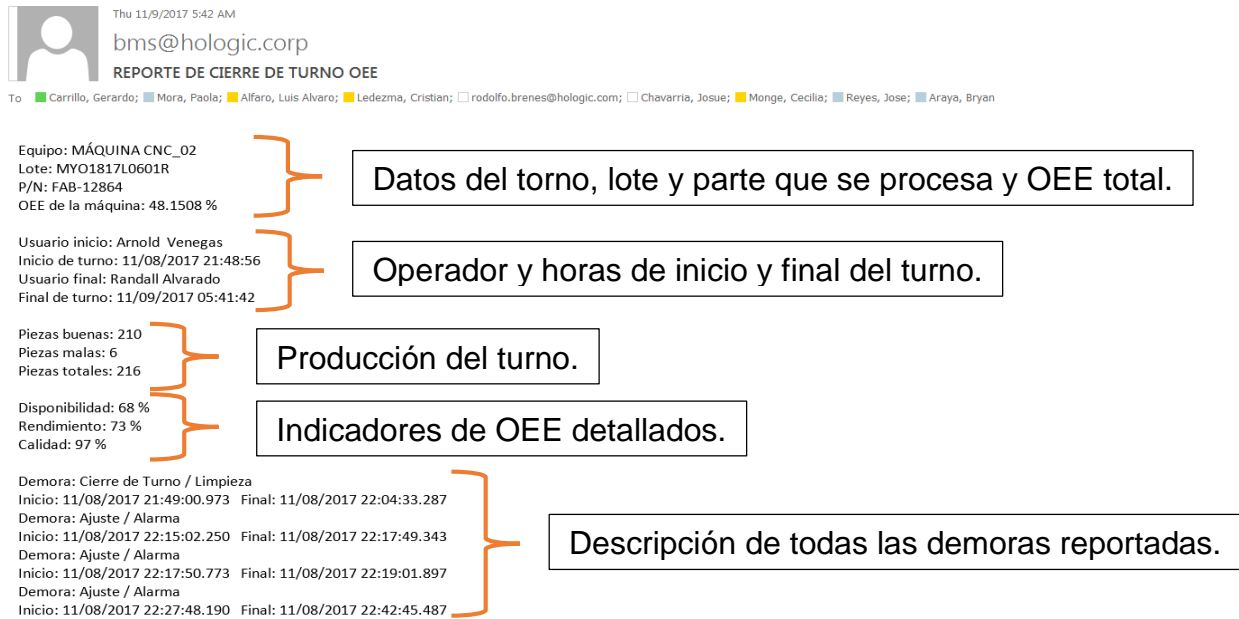


Figura 25

Reporte enviado por correo electrónico.

Fuente: elaboración propia.

Para ingresar a la parte de gráficos de indicadores y datos de producción, se debe dar clic en *Gráficos OEE* en la pantalla OEE- Inicio como se muestra en la figura 26.



Figura 26

Acceso a Gráficas OEE.

Fuente: elaboración propia.

Al dar clic, se abrirá una pantalla como la que se muestra en la figura 27, en ella se cargan todos los datos de producción del último turno cerrado del torno que se seleccione en el campo *machine*. Así mismo, existe la posibilidad de ver datos de indicadores como rendimiento, calidad, disponibilidad y OEE en el lapso que se desee.

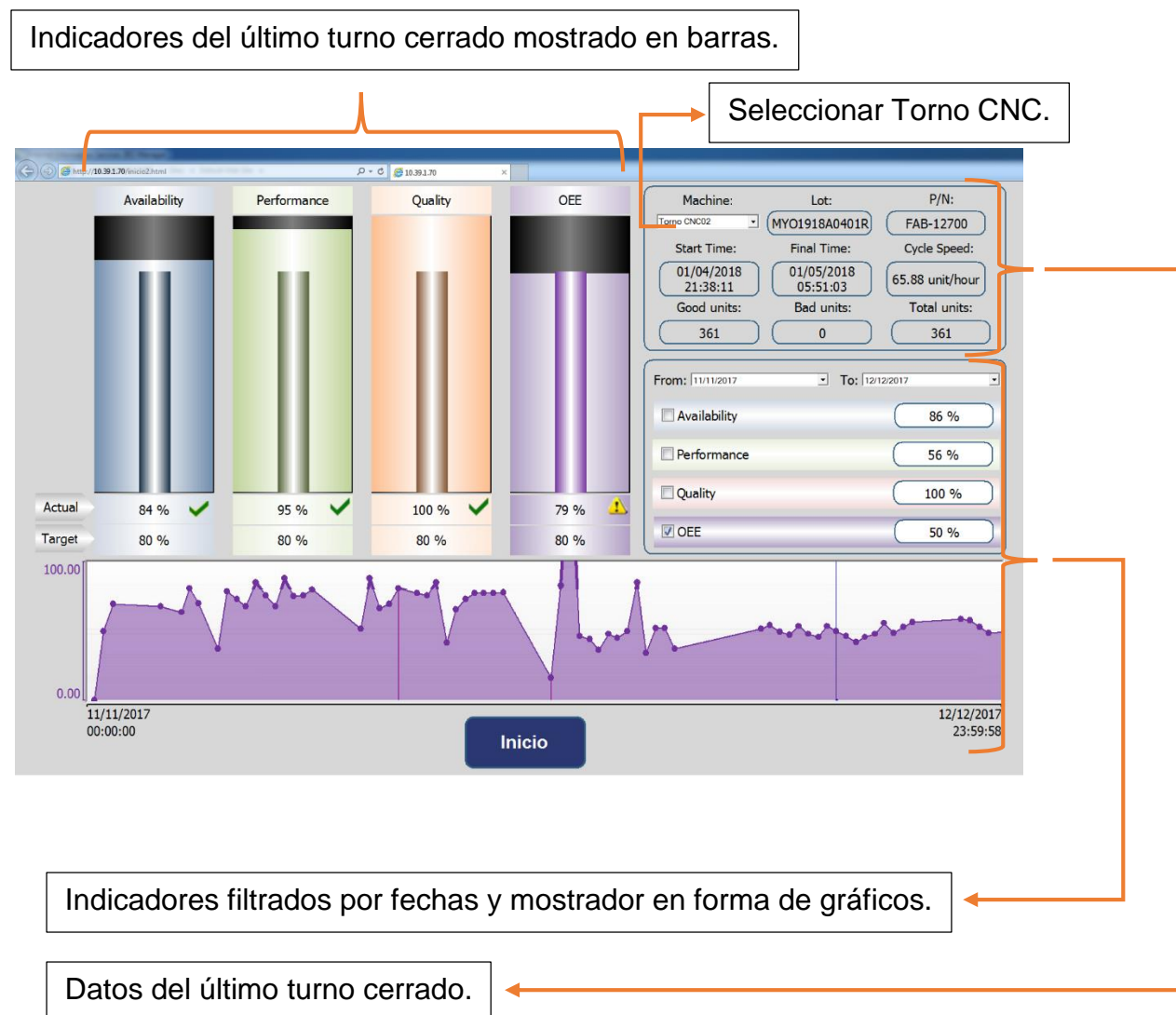


Figura 27

Gráficos OEE y datos de producción.

Fuente: elaboración propia.

Si se desea, se puede seleccionar solo el indicador que se necesite o se puede hacer una mezcla de estos, también se cuenta con una barra que se puede desplazar para mostrar el valor de esos indicadores en el punto que se requiera visualizar. A continuación, se muestran ejemplos de esas selecciones (Ver figuras 28 y 29).



Figura 28

Uso de gráficos, ejemplo 1.

Fuente: elaboración propia.



Figura 29

Uso de gráficos, ejemplo 2.

Fuente: elaboración propia.

Para finalizar, si se desea ingresar a las gráficas de paros y observar el comportamiento que ha tenido un turno en un lapso específico, se debe dar clic en *Gráficos Paros* en la ventana OEE - Inicio para poder hacerlo (ver figura 30), ahí se podrá ver la cantidad de incidencias y el tiempo perdido por cada una de ellas.



Figura 30

Ingreso a gráficos de paros.

Fuente: elaboración propia.

En la pantalla que se abrirá (figura 31), se deberá seleccionar en *Machine* el torno deseado, además, se debe fijar un rango de fechas por medio de *Start Time* y *Final Time* y, posteriormente, dar clic en *Update* para que aparezcan los datos correspondientes a ese torno.



Figura 31

Uso de gráficas de paros.

Fuente: elaboración propia.

5.3.2 Avance del plan piloto.

Una vez finalizada la etapa de prueba y corrección de errores y sabiendo que el sistema se comportaba de manera estable, se procedió a dar el siguiente paso, que era la implementación del plan piloto en tres de los cinco tornos CNC, pero que, con la ayuda del departamento de ingeniería, logró terminar la validación de uno que estaba

pendiente. Se pudo poner en marcha el control en un total de cuatro de las cinco máquinas.

Es importante mencionar que sucedió un fenómeno que normalmente ocurre cuando se da un cambio drástico en un proceso o actividad que se realiza, en los primeros días, se presentaron datos bastante inestables, producto, posiblemente, de la etapa de adaptación, la familiarización con el sistema y los nuevos lineamientos del área. Este fenómeno también se presentó, posiblemente, por la resistencia al cambio que muchas veces presentan las personas cuando consideran que no es necesario el uso de alguna herramienta o forma de trabajar, porque la consideran ineficiente o que está sobrando.

En la figura 32, se observa con claridad el efecto descrito en el párrafo anterior, prácticamente, se tardó un mes para que se lograra estabilidad en los datos. Es importante recordar que esta área no contaba con un control tan detallado y que, posiblemente, las producciones e indicadores a lo largo de la historia del departamento pudieron tener ese comportamiento inestable y se desconocía de ello.

Otro punto que es válido mencionar, es que la organización respaldó la aplicación y le brindó directrices a los mandos medios para que la usaran siempre y que, por medio de esta herramienta, se les iba a pedir explicaciones y resultados. Por lo tanto, se creó un compromiso no solo de este sector, sino también se transmitió a las personas que están en contacto directo con los tornos y el proceso productivo, haciéndoles ver la importancia de cumplir esos lineamientos.

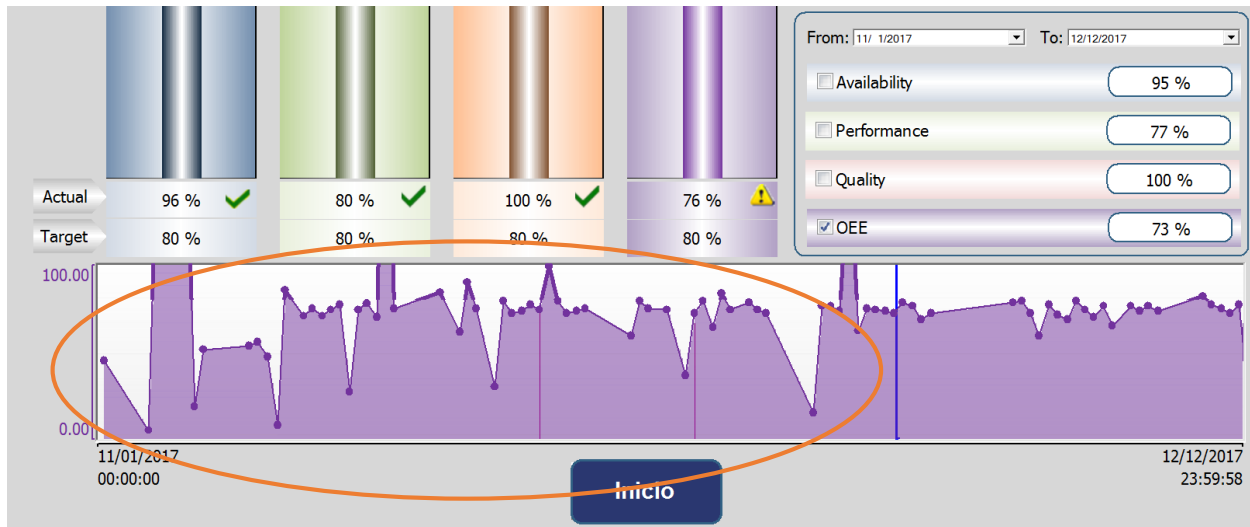


Figura 32

Datos CNC1 primeros días.

Fuente: elaboración propia.

Producto de ese apoyo y esas directrices, se logran estabilizar los indicadores considerablemente. En la figura 33, se puede observar esa situación, que, si bien es cierto, es positiva, pues se alcanza estabilidad, pero no es determinante, porque el OEE se mantiene por debajo de 80 % que fue el punto que se fijó como meta para alcanzar en esta etapa.

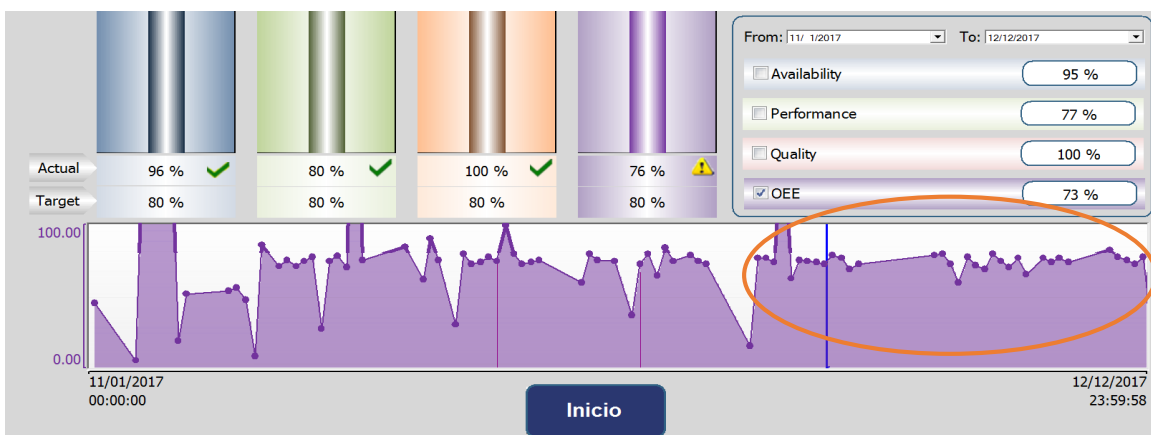


Figura 33

Datos estables CNC1 después de un mes.

Fuente: elaboración propia.

Caso parecido ocurre en otros turnos, se alcanza estabilidad, pero los indicadores están muy por debajo de la meta fijada (figura 34). Lo importante de todo este análisis es hacer ver que, si bien es cierto, los números no son los que se desean, sin embargo, se tiene el apoyo de la gerencia y la herramienta como base para establecer una mejora continua del área y, por la tanto, de la productividad.

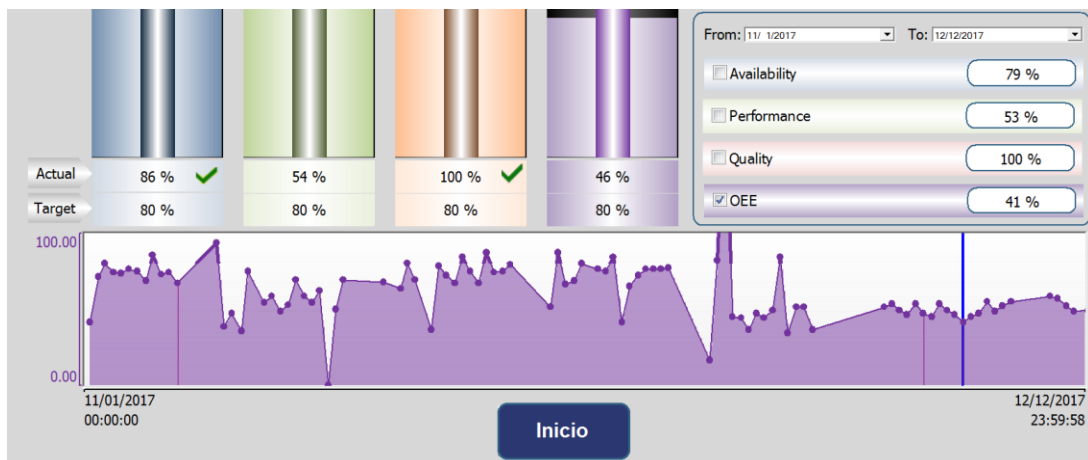


Figura 34

Datos CNC2.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

6.1 CONCLUSIONES

En forma general, se concluye que implementar un sistema para medir la eficiencia de los tornos CNC en Partes Maquinadas sentaría las bases del ordenamiento del departamento, actuando como una herramienta útil, pero que, por sí sola, no lograría nada. Se necesita que tanto las personas como los sectores involucrados estén comprometidos y en sintonía para aumentar la productividad del área.

Se señala que sentaría las bases, debido a que se pasaría de un método que presenta muchos problemas y debilidades que posibilitan la manipulación y la generación de información que, además de ser insuficiente, es poco confiable, a un sistema que no solo facilitaría el control haciendo varios procesos de forma automática, sino que ayudaría a los altos mandos a la toma de decisiones proporcionando información más confiable y en tiempo real.

Con respecto a la situación actual, se determina que el control que se tiene es ineficiente, lento y representa una carga para los operarios, pues deben, además de estar anotando cada parada de los tornos, hacer el reporte al final de turno tanto de forma escrita como por medio de Excel, para su posterior envío por correo electrónico.

De igual manera, se comprueba que el registro de los paros realizado de forma manual resulta casi imposible, pues solo se consideran paros que significan tiempos grandes y se omite el registro de micro paradas, pues no existe forma de capturarlas. Con esto se deja de lado información valiosa que se podría usar para mejorar el estado de los tornos.

A raíz de la investigación de los requerimientos técnicos y operativos, se determina que lo más importantes es tener información confiable y disponible cuando se necesite, disponer de información en tiempo real puede significar cumplir o no con la meta del día o garantizar la continuidad del proceso productivo en el siguiente nivel. Llevar la nave a un puerto seguro depende de cuánta y qué tan rápido se tenga la información, por ello la aplicación propuesta es una buena herramienta que ayudaría a satisfacer esas necesidades.

Por último, con la implementación de un plan piloto del sistema automatizado para el control del taller, se establece un punto de partida para obtener una mejora continua de los procesos productivos, pues ahora se cuenta con una plataforma que brinda información en tiempo real y que, además, cuenta con datos históricos del comportamiento que han tenido los tornos que, sin duda alguna, serán de gran ayuda para obtener el mejor rendimiento del área. Es importante mencionar que se considera la información provista por el sistema actual como base, porque no hay forma de compararlos con los obtenidos manualmente, ya que eran pocos los datos que se recogían y, además, se eliminaban cada cierto tiempo.

6.2 RECOMENDACIONES

En términos generales, se debe crear conciencia de compromiso e incentivar a los trabajadores con alguna especie de bono o programa de puntos en procura de obtener mejores resultados. Un sistema automatizado por sí solo no garantiza que el área vaya a aumentar la productividad, se requiere que haya un alto compromiso de

todas las personas y departamentos involucrados para conseguirlo. Promover la participación de todos los departamentos y hacer ver la importancia del trabajo en equipo haría más eficiente la aplicación y se le sacaría el mejor provecho.

Para que haya una diferencia notable entre la operación actual y el sistema propuesto, se recomienda ampliar la clasificación de los paros, en la medida que se pueda; un mayor detalle a la hora de indicar por qué se detuvo una máquina, a la postre resultará en información valiosa para poder prevenir problemas en un equipo antes de que sucedan y se provoquen daños mayores. La idea es sacar el mayor provecho de la aplicación, convirtiéndola en una herramienta que ayude al mantenimiento preventivo de los tornos, de la misma forma, producción se beneficiaría con este detalle porque, por ejemplo, ayudaría a detectar qué operadores necesitan asistencia o capacitación, para poder nivelar los turnos, con lo cual se obtendría una mejora de la productividad del área.

En cuanto a los requerimientos técnicos y operativos, es importante habilitar en un futuro cercano la posibilidad de que el sistema almacene las detenciones en el PLC que sirve de puente. Esto para evitar la pérdida de información ante la caída de la aplicación, su servicio o el daño del servidor donde reside y así garantizar el funcionamiento del mismo en todo momento.

Como mejoras en el diseño del sistema, se recomienda ampliarlo, para que muestre los indicadores en las pantallas ubicadas en el departamento, con el fin de que todos puedan observar la información que se considere importante. Esto posibilita, por ejemplo, que, cuando se presente una demora, todos se den cuenta de qué se está

dando, qué departamento es responsable y cuánto tiempo lleva transcurriendo el evento. Por otra parte, la implementación de una característica de justificación, por medio de un distintivo, sería otra mejora alternativa al sistema que ayudaría a aumentar la seguridad y la fiabilidad de los datos.

Para finalizar, se recomienda dar seguimiento al plan piloto, con el fin de detectar qué otras cosas se pueden mejorar o qué características se le pueden añadir a la aplicación. De la misma forma, se puede valorar si se necesita generar nuevos reportes o gráficas para la representación de los datos, todo esto en procura de que la aplicación funcione de la mejor manera como una herramienta de mejoramiento continuo y crecimiento productivo.

CAPÍTULO VII
APÉNDICES

7.1 ENCUESTAS

7.1.1 Encuesta del proceso productivo para el departamento de producción.

A continuación, se le solicita su colaboración para responder las preguntas que seguidamente se le plantean. Se le agradece de antemano, por su tiempo y sinceridad.

1. ¿Considera que el método actual de recolección de datos es ágil y no le afecta en sus otras labores?

Sí No

2. ¿Cree que el método actual utilizado es propenso a que se cometan errores a la hora de transcribir datos?

Sí No

3. ¿El sistema de control actual permite el registro automático de paros de cada torno CNC?

Sí No

4. ¿Qué tan difícil es para usted llevar el control de los tiempos de paros de los tornos CNC?

Muy fácil Fácil Poco fácil Nada fácil

5. ¿El sistema actual permite conocer el tiempo de trabajo de los tornos CNC?

Sí No

6. ¿El sistema de control actual le permite saber si los tornos CNC trabajan eficientemente?

Sí No

7. ¿Cómo considera usted que es el sistema actual de recolección de información de los tornos CNC?

Excelente Muy bueno Bueno Regular Malo

8. ¿Considera usted que un sistema automatizado que permita el registro de información en forma automática le ayudaría en sus labores diarias?

Sí No

7.2 Encuesta del proceso productivo para el departamento de ingeniería.

A continuación, se le solicita su colaboración para responder las preguntas que seguidamente se le plantean. Se le agradece de antemano, por su tiempo y sinceridad.

1. ¿Puede conocer fácilmente la producción de turnos de meses anteriores?

Sí No

2. ¿Conoce usted cuál fue la eficiencia, disponibilidad y calidad de los tornos de los turnos anteriores?

Sí No

3. ¿Qué tan difícil es para usted saber cuáles son las máquinas que presentan mayor tiempo de paro en el turno actual?

Muy fácil Fácil Poco fácil Nada fácil

4. ¿Qué tan difícil es para usted saber cuáles son las máquinas que presentan mayor tiempo de paro en turnos anteriores?

Muy fácil Fácil Poco fácil Nada fácil

5. ¿Cómo considera el método actual que se utiliza para saber cuáles han sido las máquinas que han estado presentado más paros en turnos anteriores?

Excelente Muy bueno Bueno Regular Malo

6. ¿Podría saber fácilmente cuáles son las causas de paro más comunes que están presentando los tornos?

Sí No

7. ¿Qué tan accesible es la información de la producción que se ha venido recolectando?

Muy accesible Accesible Poco accesible No accesible

8. ¿Cree que el área de Machine Parts aumentaría la productividad con un sistema automático con información de producción e indicadores disponibles en tiempo real?

Sí No

7.2 NORMAS

7.2.1 FDA 21 CFR 820.75 - PROCESS VALIDATION.

Food and Drug Administration, HHS

§ 820.75

equipment or product by substances that could reasonably be expected to have an adverse effect on product quality.

(f) *Buildings.* Buildings shall be of suitable design and contain sufficient space to perform necessary operations, prevent mixups, and assure orderly handling.

(g) *Equipment.* Each manufacturer shall ensure that all equipment used in the manufacturing process meets specified requirements and is appropriately designed, constructed, placed, and installed to facilitate maintenance, adjustment, cleaning, and use.

(1) *Maintenance schedule.* Each manufacturer shall establish and maintain schedules for the adjustment, cleaning, and other maintenance of equipment to ensure that manufacturing specifications are met. Maintenance activities, including the date and individual(s) performing the maintenance activities, shall be documented.

(2) *Inspection.* Each manufacturer shall conduct periodic inspections in accordance with established procedures to ensure adherence to applicable equipment maintenance schedules. The inspections, including the date and individual(s) conducting the inspections, shall be documented.

(3) *Adjustment.* Each manufacturer shall ensure that any inherent limitations or allowable tolerances are visibly posted on or near equipment requiring periodic adjustments or are readily available to personnel performing these adjustments.

(h) *Manufacturing material.* Where a manufacturing material could reasonably be expected to have an adverse effect on product quality, the manufacturer shall establish and maintain procedures for the use and removal of such manufacturing material to ensure that it is removed or limited to an amount that does not adversely affect the device's quality. The removal or reduction of such manufacturing material shall be documented.

(i) *Automated processes.* When computers or automated data processing systems are used as part of production or the quality system, the manufacturer shall validate computer software for its intended use according to an established protocol. All software

changes shall be validated before approval and issuance. These validation activities and results shall be documented.

§ 820.72 Inspection, measuring, and test equipment.

(a) *Control of inspection, measuring, and test equipment.* Each manufacturer shall ensure that all inspection, measuring, and test equipment, including mechanical, automated, or electronic inspection and test equipment, is suitable for its intended purposes and is capable of producing valid results. Each manufacturer shall establish and maintain procedures to ensure that equipment is routinely calibrated, inspected, checked, and maintained. The procedures shall include provisions for handling, preservation, and storage of equipment, so that its accuracy and fitness for use are maintained. These activities shall be documented.

(b) *Calibration.* Calibration procedures shall include specific directions and limits for accuracy and precision. When accuracy and precision limits are not met, there shall be provisions for remedial action to reestablish the limits and to evaluate whether there was any adverse effect on the device's quality. These activities shall be documented.

(1) *Calibration standards.* Calibration standards used for inspection, measuring, and test equipment shall be traceable to national or international standards. If national or international standards are not practical or available, the manufacturer shall use an independent reproducible standard. If no applicable standard exists, the manufacturer shall establish and maintain an in-house standard.

(2) *Calibration records.* The equipment identification, calibration dates, the individual performing each calibration, and the next calibration date shall be documented. These records shall be displayed on or near each piece of equipment or shall be readily available to the personnel using such equipment and to the individuals responsible for calibrating the equipment.

§ 820.75 Process validation.

(a) Where the results of a process cannot be fully verified by subsequent

§ 820.80

inspection and test, the process shall be validated with a high degree of assurance and approved according to established procedures. The validation activities and results, including the date and signature of the individual(s) approving the validation and where appropriate the major equipment validated, shall be documented.

(b) Each manufacturer shall establish and maintain procedures for monitoring and control of process parameters for validated processes to ensure that the specified requirements continue to be met.

(1) Each manufacturer shall ensure that validated processes are performed by qualified individual(s).

(2) For validated processes, the monitoring and control methods and data, the date performed, and, where appropriate, the individual(s) performing the process or the major equipment used shall be documented.

(c) When changes or process deviations occur, the manufacturer shall review and evaluate the process and perform revalidation where appropriate. These activities shall be documented.

Subpart H—Acceptance Activities**§ 820.80 Receiving, in-process, and finished device acceptance.**

(a) *General.* Each manufacturer shall establish and maintain procedures for acceptance activities. Acceptance activities include inspections, tests, or other verification activities.

(b) *Receiving acceptance activities.* Each manufacturer shall establish and maintain procedures for acceptance of incoming product. Incoming product shall be inspected, tested, or otherwise verified as conforming to specified requirements. Acceptance or rejection shall be documented.

(c) *In-process acceptance activities.* Each manufacturer shall establish and maintain acceptance procedures, where appropriate, to ensure that specified requirements for in-process product are met. Such procedures shall ensure that in-process product is controlled until the required inspection and tests or other verification activities have been completed, or necessary approvals are received, and are documented.

21 CFR Ch. I (4-1-02 Edition)

(d) *Final acceptance activities.* Each manufacturer shall establish and maintain procedures for finished device acceptance to ensure that each production run, lot, or batch of finished devices meets acceptance criteria. Finished devices shall be held in quarantine or otherwise adequately controlled until released. Finished devices shall not be released for distribution until:

(1) The activities required in the DMR are completed;

(2) the associated data and documentation is reviewed;

(3) the release is authorized by the signature of a designated individual(s); and

(4) the authorization is dated.

(e) *Acceptance records.* Each manufacturer shall document acceptance activities required by this part. These records shall include:

(1) The acceptance activities performed;

(2) the dates acceptance activities are performed;

(3) the results;

(4) the signature of the individual(s) conducting the acceptance activities; and

(5) where appropriate the equipment used. These records shall be part of the DHR.

§ 820.86 Acceptance status.

Each manufacturer shall identify by suitable means the acceptance status of product, to indicate the conformance or nonconformance of product with acceptance criteria. The identification of acceptance status shall be maintained throughout manufacturing, packaging, labeling, installation, and servicing of the product to ensure that only product which has passed the required acceptance activities is distributed, used, or installed.

Subpart I—Nonconforming Product**§ 820.90 Nonconforming product.**

(a) *Control of nonconforming product.* Each manufacturer shall establish and maintain procedures to control product

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8.1 Guías

8.1.1 Configuración de comunicación con el autómatas programable.

Lo primero que se debe realizar es establecer comunicación con el PLC que se utilizará para recibir la señal proveniente de los tornos CNC, es importante mencionar que, como este autómatas (Allen Bradley modelo Micrologix 1100) ya contaba con una IP fija asignada, solo fue necesario configurar la comunicación con la computadora de desarrollo por medio de la herramienta RSLinx. Si el PLC no cuenta con una IP asignada, se debe utilizar una herramienta llamada *Bootp / DHCP Server* de Allen Bradley para asignársela.

En este caso, lo primero que se hará es establecer comunicación con el PLC, para ello, se abre RSLinx versión Lite y se da un clic en *Communication* ubicado en el menú superior y luego en *Configure Driver*, como se muestra en la figura 35.

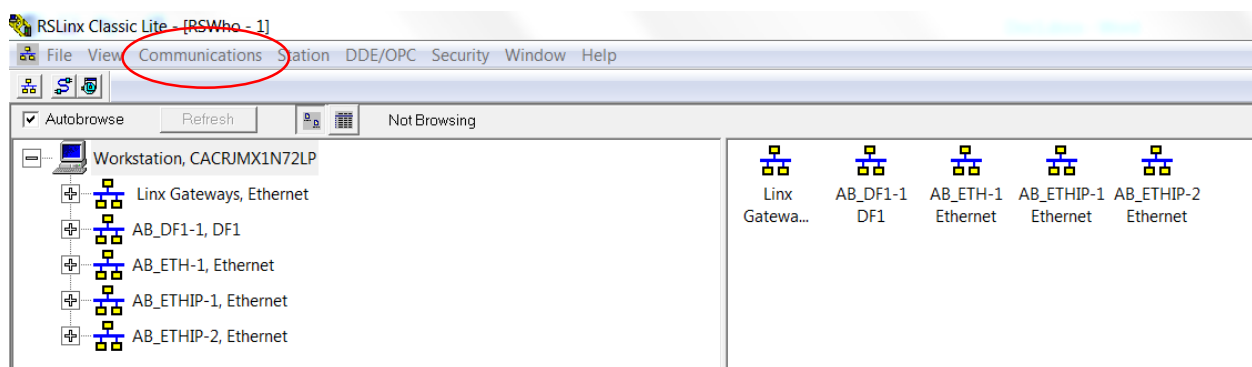


Figura 35

RSLinx pantalla principal.

Fuente: Rockwell Software.

Una vez realizado, esto se abrirá en una ventana, como observa en la figura 36 y en ella se debe seleccionar de la lista *Available Driver Types*, el controlador *Ethernet devices*.

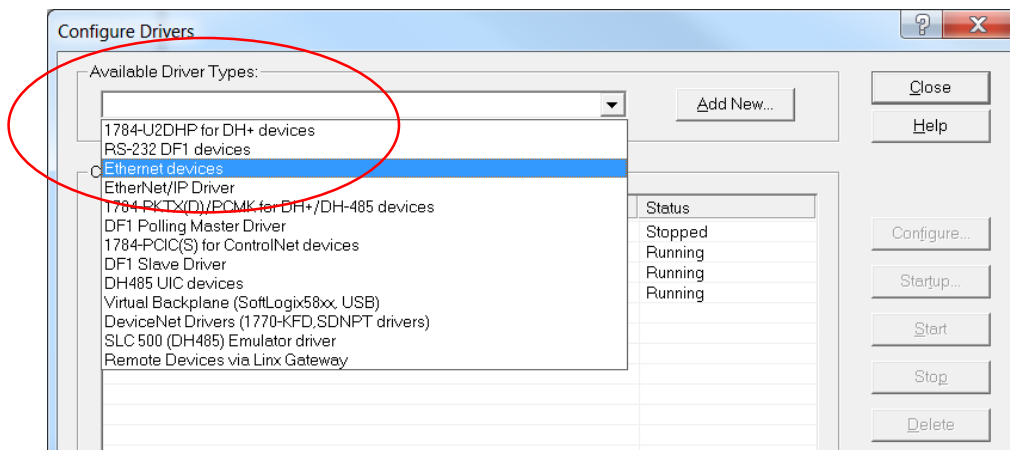


Figura 36

RSLinx pantalla configuración de drivers.

Fuente: Rockwell Software.

A continuación, aparece una ventana donde se le puede cambiar el nombre al *driver* o simplemente se le da *ok* y se deja el que sale por defecto que, normalmente, se llama AB_ETH y algún número. La pantalla se cerrará y volverá a la principal, en esta se debe dar clic derecho sobre el controlador recientemente creado y seleccionar *Configure Driver*, como se muestra en la figura 37.

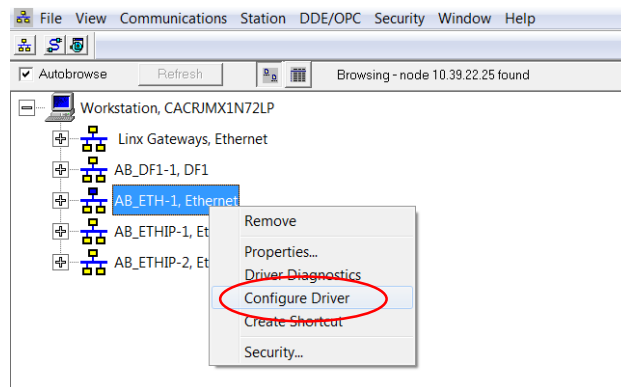


Figura 37

RSLinx driver creado.

Fuente: Rockwell Software.

Se debe agregar la IP del PLC que ya se había mencionado que se conocía, dando clic en *Add New* e introduciendo el valor de la IP y, posteriormente, dando *ok* para aceptar los cambios.

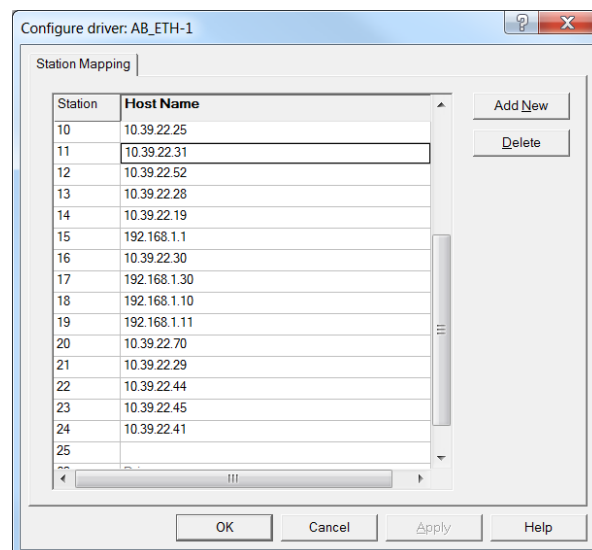


Figura 38

RSLinx pantalla para agregar IP.

Fuente: Rockwell Software.

Si todo se realizó correctamente, debe aparecer el PLC en la lista de la izquierda con su IP y el nombre que se le asignó al mismo como se muestra en la figura 39.

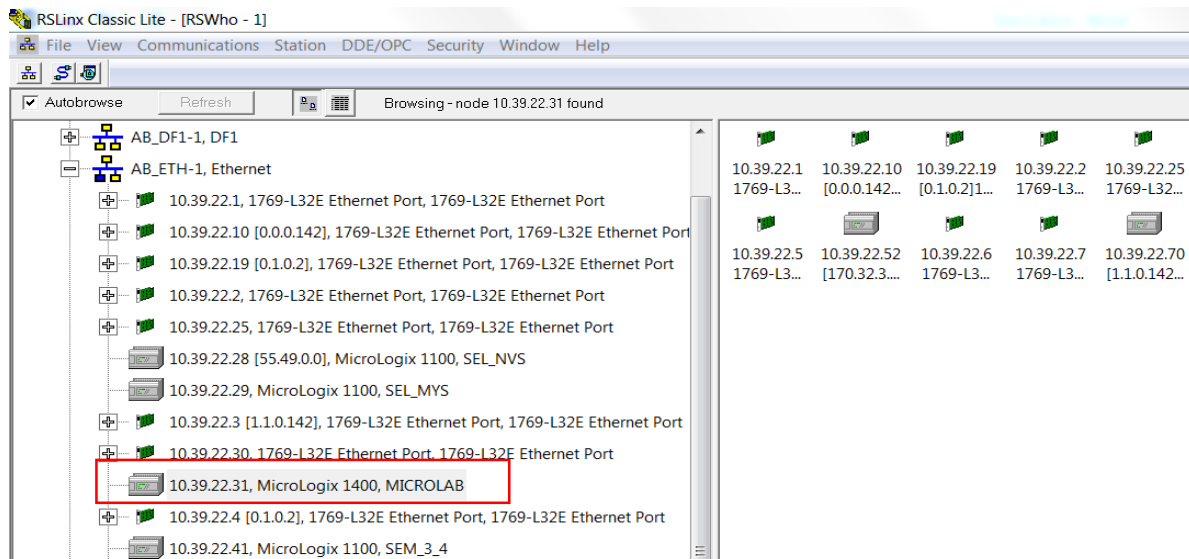


Figura 39

RSLogix comunicación con PLC.

Fuente: Rockwell Software.

En el autómata programable Micro Logix 1100, solo se debe seleccionar *Comms* del menú principal, la opción *System Comms*, como se observa en la figura 40.

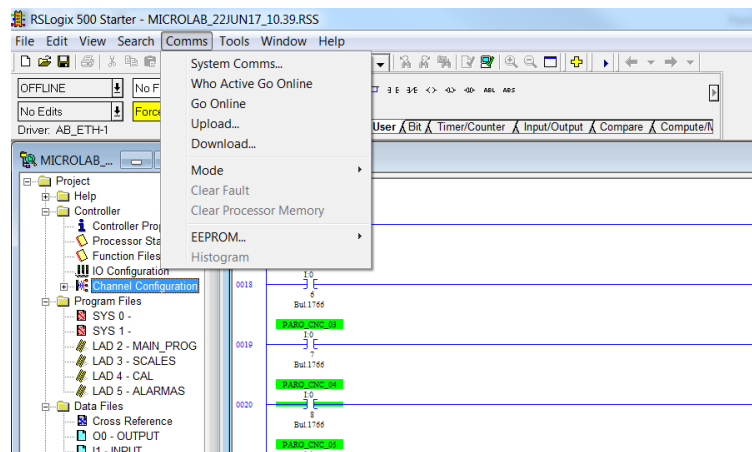


Figura 40

RSLogix pantalla principal.

Fuente: Rockwell Software.

Y en la pantalla es igual a la figura 41, se debe seleccionar la IP del PLC que se configuró en el RSLinx y si ya se ha hecho alguna modificación al programa, se podrá realizar una descarga por medio del botón *Download* o monitorear uno existente por medio de *On Line*.

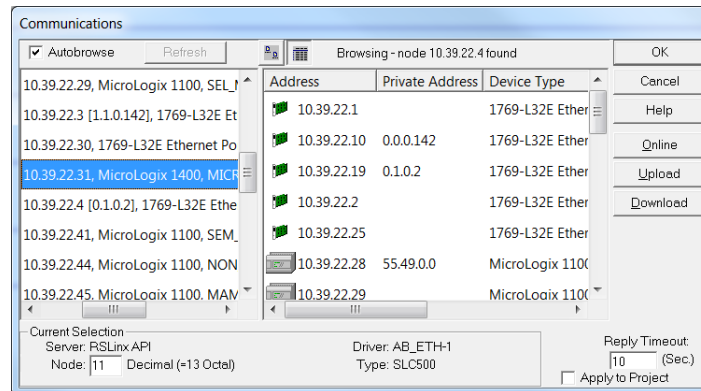


Figura 41
RSLogix pantalla comunicación.
Fuente: Rockwell Software.

8.1.2 Configuración de comunicación de Indusoft con PLC.

Para poder acceder a la información que reside en el PLC, se debe realizar un direccionamiento de las variables, que en automatización se le conoce como *Tags*, desde la herramienta de desarrollo. Para ello, se debe abrir Indusoft e ingresar en la pestaña *Comm* ubicada en la parte inferior de la parte inferior izquierda de la pantalla, como se ve en la figura 42.

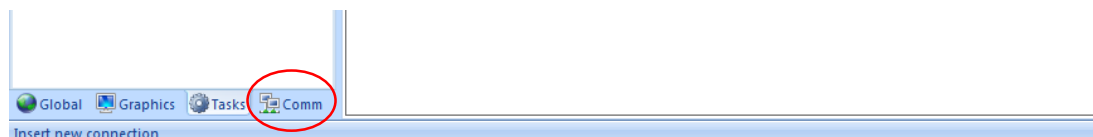


Figura 42
Indusoft pestaña de comunicación.
Fuente: Indusoft, Inc.

En esta ventana (figura 43), se debe expandir *Drivers* para ingresar a ABCIP, que se refiere a conexión con el PLC de la marca Allen Bradley y darle clic a *Main Driver* para que se muestre la hoja de comunicación.

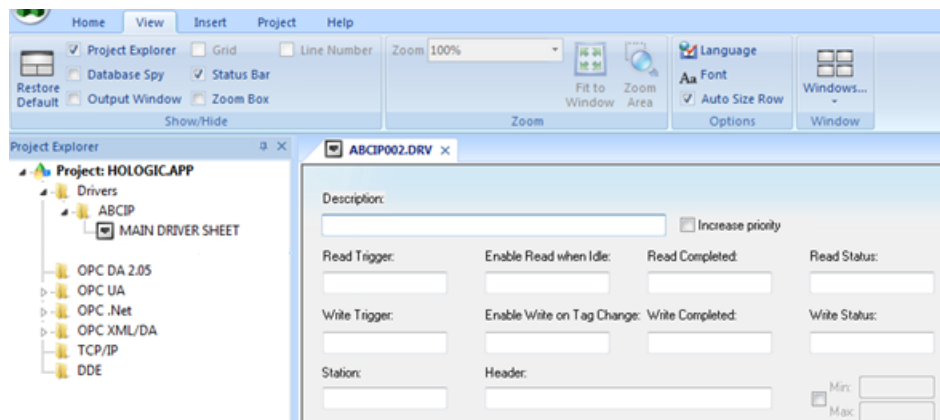


Figura 43
Indusoft pantalla drivers.

Fuente: Indusoft, Inc.

Dentro de esa hoja, se deben asociar *tags* previamente creados en Indusoft con la dirección IP del PLC y su respectiva dirección I/O asignada en el mismo, ya sea, por ejemplo, un bit, float, etc. A continuación (figura 44), se muestran ejemplos de *tags* ligados aun PLC micrologix 1100.

Tag Name	Station	I/O Address	Action	Scan	Div	Add
195 OEE_Paro_CNC01	1100.10.39.22.31	B3:1/14	Read	Always		
196 OEE_Paro_CNC02	1100.10.39.22.31	B3:1/15	Read	Always		
197 OEE_Paro_CNC03	1100.10.39.22.31	B3:2/0	Read	Always		
198 OEE_Paro_CNC04	1100.10.39.22.31	B3:2/1	Read	Always		

Figura 44
Indusoft comunicación con PLC.

Fuente: Indusoft, Inc.

Una vez que sea haya realizado esto, se podrá hacer uso de estos tags con información proveniente del autómata, como si fueran una variable global y así poder manipularla como se desee en el desarrollo de la aplicación.

5.2.3 Configuración de comunicación de Indusoft con base de datos.

Lo primero que hay que hacer para establecer comunicación de Indusoft con la base de datos creada por medio de SQL Server Express, es abrir la herramienta y una vez que se haya ingresado, dar clic en *Tasks*, luego expandir *DataBase ERP* y en *Connections* dar clic derecho e insertar una nueva, como se aprecia en la figura 45.

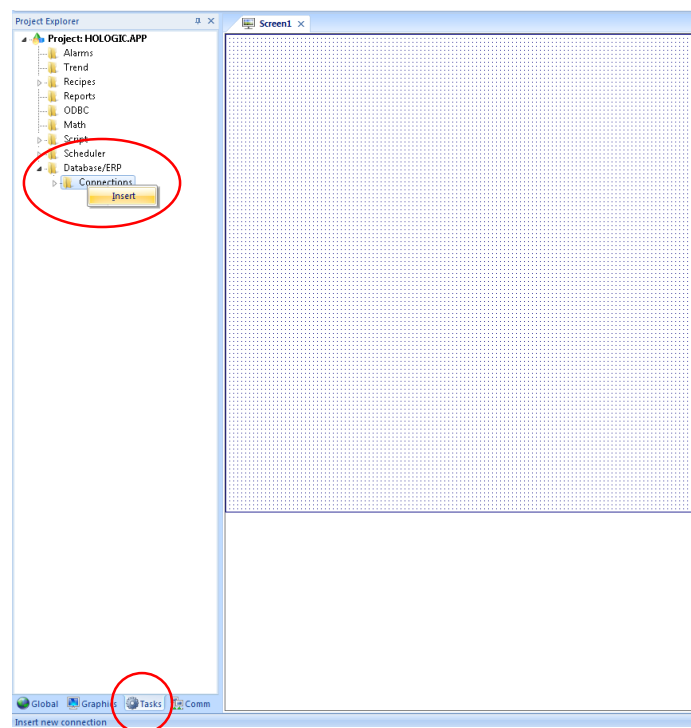


Figura 45

Indusoft pantalla comunicación.

Fuente: Indusoft, Inc.

A continuación, se abrirá una ventana como la de la figura 46 y en ella se debe entrar en *Connection String* en el botón de la derecha con los puntos suspensivos.

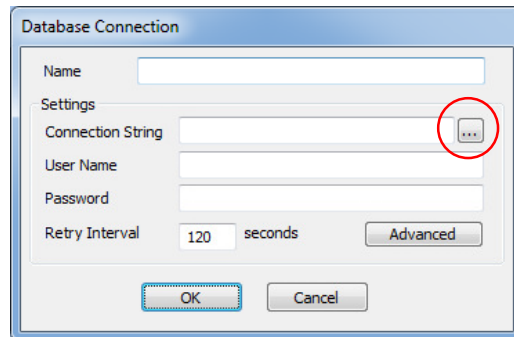


Figura 46

Indusoft conexión con base de datos

Fuente: Indusoft, Inc.

En la pantalla siguiente (Figura 47), seleccionar la pestaña de *Provider* y seleccionar la opción Microsoft OLE DB Provider for SQL Server.

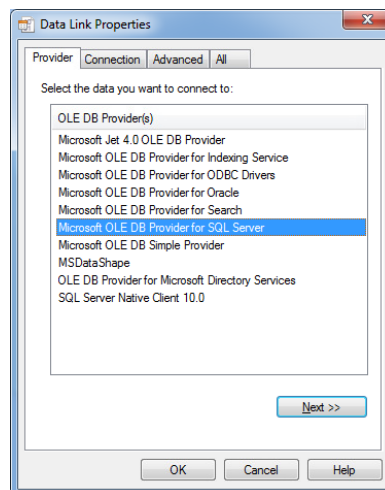


Figura 47

Indusoft pantalla proveedor.

Fuente: Indusoft, Inc.

Posterior a esto, seleccionar la pestaña *Connection* y completarla con la información de la base de datos, así como probar su conexión para asegurarse de que funciona bien, ver figura 48.

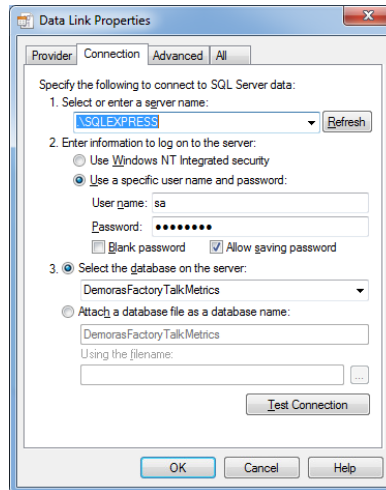


Figura 48
Indusoft información BD.
Fuente: Indusoft, Inc.

Finalmente, colocarle un nombre, en este caso se llama *Demoras* y dar clic en OK para guardar todo, como se observa en la figura 49.

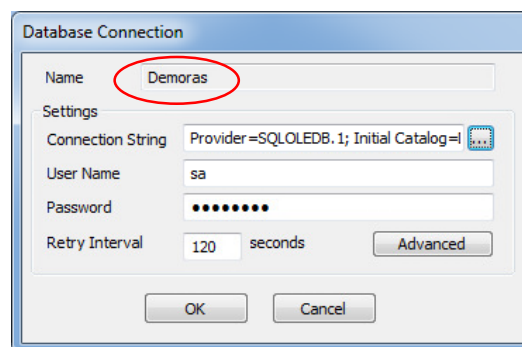


Figura 49
Indusoft nombre BD.
Fuente: Indusoft, Inc.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A. (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramienta de LEAN MANUFACTURING en una empresa del sector plástico*. (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
- Araya, G. (2017). *Diseñar una solución a los problemas de replicación de bases de datos remotas para la empresa INTEL, analizando y configurando una alternativa tecnológica adecuada que permita tener un ambiente estable para las bases de datos y las aplicaciones que a ella se conectan*. (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Bonilla, U. (2013). *Programación de interfaces humano-máquina para una red de PLC*. (Tesis inédita de Ingeniería eléctrica). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Cisneros, O. (2011). *Desarrollo de una herramienta web para consultas y reportes de información del proceso productivo del área de Flip Chip en Triquint S.R.L.* (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Cruelles, A. (2010). *La teoría de la medición del despilfarro*. 2ª ed. Torrijos: Ed. Zadecon
- EFE. (2008). *Compañía de dispositivos médicos HLX invierte 17,5 millones en Costa Rica*. El Confidencial. Disponible en https://www.elconfidencial.com/mercados/2008-11-06/compania-de-dispositivos-medicos-hologic-invierte-17-5-millones-en-costa-rica_953441/

Code of Federal Regulations (2002). 21 CFR 820.75 - PROCESS VALIDATION.

Disponible en <https://www.gpo.gov/fdsys/granule/CFR-2002-title21-vol8/CFR-2002-title21-vol8-sec820-75>

González, A. (2009). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Contribuciones a la Economía, octubre. Disponible en <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

González, A., Evans, R., y Pérez, D. (2017). *Manual Vancouver, APA Citas y referencias bibliográficas*.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010) *Metodología de la investigación*. 5ta ed. México DF: Mc Ed. Graw Hill.

Ledezma, C. (2009). *Desarrollo de estándar de administración profesional de proyectos para HLX Medical Products Costa Rica*. (Tesis inédita de Maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Disponible en https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/602/Informe%20de%20Proyecto%20_Biblioteca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mandado, E., Acevedo, J., Fernández, C. y Armesto, J. (2010). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. 2ª ed. México DF: Ed. Alfaomega.

Mendieta, D. (2013). *Manual de prácticas básicas del centro de mecanizado vertical CNC HAAS VF2*. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Disponible en

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3887/670427M538.pdf?
sequence=1](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3887/670427M538.pdf?sequence=1)

OEE Fundation (2011). *Origin of OEE*. Disponible en
<http://www.oeefoundation.org/origin-of-oeef/>

Pinto, L. (2011). ¿Qué es el OEE? *Revista Electroindustria, agosto*. Disponible en
[http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1659&edi=87&xit=oeef-
40eficiencia-general-de-los-equipos41](http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1659&edi=87&xit=oeef-40eficiencia-general-de-los-equipos41)

Redondo, N (2007). *Indusoft SCADA y HMI*. Disponible en [http://soluciones-
side.blogspot.com/2007/09/indusoft-scada-y-hmi.html](http://soluciones-side.blogspot.com/2007/09/indusoft-scada-y-hmi.html)

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta ed. México DF: Ed Mc Graw Hill.

Sevillano, F. (2010). *Producción: OEE y los procesos de mejora continua, febrero*.
Disponible en [http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/92-
produccion-oeef-procesos-mejora-continua.html](http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/92-produccion-oeef-procesos-mejora-continua.html)

Ucelo, A. (2008). *Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa ALTENVASA*. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad de San Carlos Guatemala, Guatemala. Disponible en
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1980_IN.pdf

Vargas, A. (2012). *Implementación de la herramienta de OEE en la planta de TEVA Pharmaceuticals México*. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Autónoma de

México. México. Disponible en

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2161/Informe.pdf?sequence=1>

Fecha 17 / 05 / 18

Nombre del Estudiante:

Grillo

Soto

Gerardo

1º Apellido

2º Apellido

Nombre

Título de la Tesis: Desarrollo de un sistema de medición de eficiencia general de los equipos de medición de productos maquinados de la empresa HIX Médica

Año de Presentación: 2018

Firma de Autorización:



Autorizo que el Trabajo Final de Graduación, se exhiba en la Sección de tesis, que se encuentra en la página web www.centro.uh.ac.cr, de la Universidad Hispanoamericana, para ser consultada por estudiantes y profesores de la institución.