

Implementación de un prototipo para la visualización y centralización de variables del proceso de producción del área de ensamble por medio de un PC industrial y bases de datos en SQL server

Jineth Alejandra Guerrero Delgado

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico

Director

Ing. Luis Fernando Perico Remolina

Codirector

Ing. Kelly Johanna Niño Sandoval

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

2023

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por iluminar mi camino, ser mi guía constante y darme fortaleza en todo momento.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi mamá, quién en todo momento ha sido un pilar fundamental en mi vida, mi motivo de superación y la razón principal de todo lo que soy hoy. Su amor y apoyo incondicional han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi familia, que sin duda alguna siempre me dieron la mano, brindándome su amor, palabras de alivio y superación en aquellos momentos difíciles. Agradezco a mis amigos, por acompañarme en cada etapa de este camino, por hacerlo más sencillo y llevadero, porque gracias a nuestra unión logramos superar retos que de forma individual hubiesen sido muy complicados.

A todos mis docentes, que han sido parte de mi formación personal y profesional, que me transmitieron todos los conocimientos necesarios para convertirme en ingeniera mecatrónica.

Por último, quiero expresar mi gratitud a mi profesor y ahora tutor de prácticas José Leonardo Monroy, por su orientación desde la etapa universitaria hasta los inicios de mi vida profesional, sus conocimientos, consejos y experiencia han aportado significativamente en mi desarrollo como persona y profesional integro.

Contenido

Introducción	9
1. Implementación de un prototipo para la visualización y centralización de variables del proceso de producción del área de ensamble por medio de un PC industrial y bases de datos en SQL server	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Justificación.....	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
2. Reseña de la empresa.....	12
2.1 Misión.....	12
2.2 Visión	12
3. Marco conceptual.....	13
4. Plan de Trabajo	14
5. Resultados	15
5.1 Desarrollo del primer objetivo específico.....	15
5.2 Desarrollo del segundo objetivo específico	21
5.3 Desarrollo del tercer objetivo específico	24
5.4 Desarrollo del cuarto objetivo específico	25
6. Conclusiones	28
Referencias.....	30
Apéndices.....	31

Lista de tablas

Tabla 1. *Plan de trabajo* 14

Tabla 2. *Códigos y causas de paradas de planta en producción*..... 33

Lista de figuras

Figura 1. <i>Conexión en el software de desarrollo con la base de datos MS SQL</i>	17
Figura 2. <i>Diseño de interfaz de prueba con control de acceso a usuarios</i>	18
Figura 3. <i>Registro de información en base de datos SQL</i>	19
Figura 4. <i>Generación de reporte en Visual Studio con SQL Server Data Tools</i>	20
Figura 5. <i>Generación de reporte en Report Server de Microsoft</i>	20
Figura 6. <i>Mapeo de tipo de datos entre MS SQL y el software de desarrollo</i>	22
Figura 7. <i>Comparación entre la declaración de variables entre MS SQL y el software de desarrollo</i>	23
Figura 8. <i>Registro de temperatura y humedad en MS SQL</i>	24
Figura 9. <i>HMI para monitorear temperatura y humedad</i>	25
Figura 10. <i>Interfaz y visualización de datos en Excel</i>	26
Figura 11. <i>Interfaz y visualización de gráficos en Excel</i>	27
Figura 12. <i>Ventana emergente de solicitud de credenciales</i>	28

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Entrevistas con los departamentos de Inocuidad, producción-ensamble, producción-inyección.....</i>	31
Apéndice B. <i>Formato de registro de temperatura y humedad relativa en Área Blanca</i>	
Apéndice C. <i>Reporte de temperatura y humedad relativa de septiembre del 2023</i>	

Resumen

El presente proyecto se enfoca en el desarrollo de un prototipo para la visualización y centralización de variables un proceso de producción de la empresa Rambal SAS BIC, utilizando un PC industrial con conexión a una base de datos en SQL Server, se ha mejorado la eficiencia y confiabilidad del registro de datos, lo cual facilita la toma de decisiones en la línea de producción. Los factores principales de este proyecto incluyen la conexión con la base de datos, el desarrollo de la HMI para monitorear los valores en tiempo real, el desarrollo de una interfaz en Excel para generar los informes correspondientes. Estos avances representan un paso clave en la automatización de los procesos de la planta, mejorando considerablemente la eficiencia del proceso y permitiendo la generación de alarmas e informes de forma rápida y con información veraz.

Palabras clave: automatización, HMI, base de datos, PC Industrial.

Abstract

This project focuses on the development of a prototype for the visualization and centralization of variables in a production process at the company Rambal SAS BIC, by using an industrial PC connected to an SQL Server database, the efficiency and reliability of data recording have been enhanced, thereby facilitating decision-making in the production line. The key components of this project include database connectivity, the development of an HMI for real-time value monitoring, and the creation of an Excel interface for generating corresponding reports. These advancements represent a pivotal step in automating plant processes, significantly improving process efficiency, and enabling the quick generation of accurate alarms and reports.

Keywords: automation, HMI, database, Industrial PC.

Introducción

La tecnología y la automatización han transformado la forma en que las empresas operan en la actualidad al mejorar la eficiencia operativa, reducir errores y optimizar los recursos, lo que resulta en una mayor competitividad y un crecimiento sostenible en el mercado. Rambal S.A.S BIC, una empresa dedicada al desarrollo, producción y comercialización de dosificadores plásticos innovadores y sostenibles, está interesada en cada día mejorar sus procesos en pro de crecer, ser competitivos y sostenibles en el tiempo.

Actualmente, la compañía maneja diferentes áreas y etapas de producción con diversos procesos automatizados, sin embargo, la recolección y almacenamiento de datos es uno de los procesos menos desarrollados y que se sigue realizando manualmente, lo cual resulta en un proceso poco eficiente y propenso a errores debido a la intervención humana directa.

Por esta razón, surge este proyecto que propone desarrollar un prototipo para la visualización y centralización de variables en una de las áreas de producción a través de un PC industrial y bases de datos SQL server.

1. Implementación de un prototipo para la visualización y centralización de variables del proceso de producción del área de ensamble por medio de un PC industrial y bases de datos en SQL server

1.1 Planteamiento del problema

En la empresa Rambal S.A.S BIC, se llevan a cabo diversos procesos para obtener la producción de dosificadores. Estos procesos son gestionados por diferentes áreas, como inyección, ensamble, inocuidad, calidad, mantenimiento, compras, entre otras. Cada una de estas áreas utiliza formatos (FT) para registrar información relevante sobre los procesos.

Sin embargo, actualmente estos formatos son diligenciados de manera manual por un operario o coordinador. Esta práctica resulta en un proceso poco eficiente y propenso a errores debido a la intervención humana directa.

La intervención humana aumenta la probabilidad de cometer equivocaciones al transcribir los datos y el diligenciamiento de los formularios puede ser subjetivo, dependiendo de la persona que los complete. Además, la falta de automatización dificulta el seguimiento y análisis de los datos registrados, lo que limita la capacidad de tomar decisiones informadas y realizar mejoras en los procesos.

1.2 Justificación

La implementación de un sistema automatizado de registro de información en la empresa Rambal S.A.S BIC es necesaria debido a la problemática actual en la toma de información de forma manual. Por esta razón, se pretende desarrollar un prototipo que permita automatizar la recolección de algunas variables del proceso de ensamble que serán almacenadas en una base de

datos SQL con el fin de presentar informes a áreas de la empresa (producción, calidad, inocuidad, etc.) dependiendo de sus necesidades.

El desarrollo del prototipo agilizará el proceso de registro, reduciendo la necesidad de transcripciones manuales y reduciendo el tiempo dedicado a esta tarea. Esto permitirá que los empleados en las diferentes áreas puedan centrarse en actividades más productivas y mejorar la eficiencia general de los procesos. Además, facilitará el análisis y la generación de informes para una toma de decisiones más fundamentada y estratégica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de sistema de visualización y centralización de variables del proceso de producción del área de ensamble, utilizando un PC industrial y una base de datos en SQL Server, con el fin de mejorar la eficiencia, monitoreo y toma de decisiones en la línea de producción.

1.3.2 Objetivos específicos

Realizar un análisis de requerimientos funcional y no funcional, a través de técnicas de recolección de procedimientos y flujo de datos con las diferentes áreas de la empresa, con el fin identificar las variables que requieren ser monitoreadas.

Obtener las variables a través del PC industrial por medio de los módulos de entradas y salidas, con el propósito de visualizarlas en la interfaz y almacenarlas en la base de datos SQL Server.

Diseñar e implementar una interfaz de visualización en un PC industrial por medio del software de desarrollo para monitorear variables del proceso de producción en el área de ensamble.

Generar reportes a través de herramientas de generación de informes de Microsoft a partir de la base de datos, con el fin de presentar la información de manera ordenada para facilitar el análisis de las variables del proceso.

2. Reseña de la empresa

Rambal SAS BIC es una empresa dedicada al desarrollo, producción y comercialización de dosificadores de plásticos innovadores y sostenibles como complemento de empaques flexibles. De la misma manera, se encarga de ofrecer soluciones integrales a cada uno de sus clientes en más de 14 países, dando respuesta a las exigencias y expectativas de estos. [1]

2.1 Misión

Desarrollamos soluciones plásticas especializadas de acuerdo con las expectativas y tendencias globales, soportadas en la mejora continua y en una cultura de responsabilidad social empresarial, contribuyendo así a la sostenibilidad de la compañía y de nuestros grupos de interés. [1].

2.2 Visión

Consolidarnos como una organización confiable e innovadora, comprometidos en la construcción de valor mediante el desarrollo de soluciones plásticas especializadas y sostenibles alineadas con nuevas tendencias para nuestra sociedad. [1]

3. Marco conceptual

SQL: Es un lenguaje de programación para consultas estructurales utilizado para almacenar y procesar información de bases de datos relacionales. Una base de datos relacional almacena información en forma de tabla, con filas y columnas que representan diferentes atributos de datos y las diversas relaciones entre los valores de datos [3].

Con SQL es posible almacenar, actualizar, eliminar, buscar y recuperar información de la base de datos. Además, permite optimizar el rendimiento de esta.

Microsoft SQL Server: Es uno de los principales sistemas de gestión de bases de datos en el mercado, utiliza Transact-SQL, una implementación del estándar ANSI del lenguaje SQL. Cuenta con herramientas y utilidades para la gestión y análisis de los datos que resulta de gran interés para las compañías [4].

Servicios de informes de SQL Server: SQL Server Reporting Services (SSRS) es un subsistema de SQL Server que permite la creación de informes gráficos, móviles e impresos utilizando SQL Server y otras fuentes de datos.

SSRS permite a las empresas proporcionar información para la toma de decisiones a los usuarios finales en una variedad de formatos basados en la información almacenada en SQL Server y otras fuentes de datos [7].

PC Industrial: Una PC industrial (IPC) es una computadora diseñada y construida para aplicaciones industriales. A diferencia de las computadoras tradicionales, las IPC están hechas para trabajar en condiciones ambientales como la alta vibración, ruido, polvo, humedad, alta temperatura, entre otras, sin que se afecte su funcionamiento rápidamente. Son comúnmente utilizadas en fábricas y entornos industriales para monitorear, controlar y automatizar diferentes procesos [2].

Las IPC pueden ejecutar diversos sistemas operativos como Linux, Windows o sistemas operativos en tiempo real. Además, pueden equiparse con módulos de entradas y salidas, puertos USB, Ethernet, entre otros, que permitan la comunicación con sensores, actuadores y equipos periféricos en general [2].

HMI: Una HMI (Human-machine interface) es una interfaz de usuario o panel de control que conecta a una persona con una máquina, sistema o dispositivo. Este término puede hacer referencia a cualquier pantalla que permita al usuario interactuar con un dispositivo, sin embargo, la HMI se utiliza con mayor frecuencia en entornos con procesos industriales para monitorear y controlar máquinas de producción [5].

4. Plan de Trabajo

A continuación, en la Tabla 1 se describen las actividades realizadas para conseguir los objetivos propuestos del proyecto, las cuales son abordadas de manera más detallada en la sección 5.

Tabla 1. *Plan de trabajo*

Objetivos	Actividades realizadas para alcanzar objetivos
Realizar un análisis de requerimientos funcional y no funcional, a través de técnicas de recolección de procedimientos y flujo de datos con las diferentes áreas de la empresa, con el fin identificar las variables que requieren ser monitoreadas.	Entrevistar a colaboradores que brindaran información relevante para la identificación de las variables Socializar a los supervisores del proyecto para establecer conjuntamente las prioridades entre los distintos requerimientos solicitados
Obtener las variables a través del PC industrial por medio de los módulos de entradas y salidas, con el propósito de visualizarlas en la interfaz y almacenarlas en la base de datos SQL Server.	Apropiación del uso del software de desarrollo para la programación del PC Industrial Realizar programación sencilla de ejemplos propuestos para afianzar el manejo del software. Simular algunas variables que serán almacenadas para probar conexión con la base de datos
Diseñar e implementar una interfaz de visualización en un PC industrial por medio del software de	Apropiación del uso del software de desarrollo para la programación de interfaces en el PC Industrial Realizar diseño preliminar de la interfaz de usuario.

desarrollo para monitorear variables del proceso de producción en el área de ensamble.	Investigar sobre los niveles de acceso para el manejo de la interfaz.
Generar reportes a través de herramientas de generación de informes de Microsoft a partir de la base de datos, con el fin de presentar la información de manera ordenada para facilitar el análisis de las variables del proceso.	Inmersión en el manejo del software SQL Server Management Studio para el desarrollo de consultas con la base de datos Generar reportes periódicos con la información necesaria para su posterior análisis

Nota: esta tabla presenta las actividades realizadas para conseguir los objetivos propuestos del proyecto

5. Resultados

5.1 Desarrollo del primer objetivo específico

Durante el primer periodo de práctica, se llevaron a cabo diversas actividades con el fin de cumplir el primer objetivo específico establecido, que consiste en la recolección de requerimientos para identificar los procesos críticos de la empresa que requieren monitoreo y registro automático de diferentes datos.

Inicialmente, se llevó a cabo un reconocimiento de las instalaciones de la empresa y las máquinas que se están utilizando para la producción, tanto inyectoras como ensambladoras, analizando el protocolo de comunicación que se está empleando para poder acceder a las variables de las máquinas, además, se realizaron diversas entrevistas a áreas de producción (ensamble e inyección), calidad, inocuidad y mantenimiento con ayuda de los coordinadores, operarios y líderes de producción, algunas de estas son presentadas en el *Apéndice A*. Estos hallazgos fueron importantes para orientar el desarrollo del proyecto, ya que proporcionaron una clara visión de las necesidades identificadas y permitió plantear soluciones efectivas que se alinean con la problemática real de la compañía.

A partir de la recolección de requerimientos, se encontró una necesidad en una de las áreas de producción para la industria alimentaria, en donde se debe monitorear y controlar los niveles de temperatura y humedad en un rango específico conforme a una normativa. Actualmente, este procedimiento se está realizando de forma manual por medio de un termohigrómetro y los valores registrados se digitan en el formato presentado en el *Apéndice B*. Sin embargo, el área a monitorear ya cuenta con sensores instalados con comunicación al PLC que podrían realizar la medición, pero no se está implementando. Además, al almacenar las mediciones en una base de datos SQL es posible generar una interfaz para visualización de los datos y generación de reportes con la herramienta de Reporting Services de Microsoft.

Por otro lado, dando cumplimiento a los demás objetivos, se realizó una exploración en el software de desarrollo para el PC industrial. Además, se exploraron los software Report Server y Visual Studio con el complemento de desarrollo de informes de Microsoft para generar los reportes mensuales requeridos por el departamento de Inocuidad de la empresa. Inicialmente, se implementó un programa en donde progresivamente se le adicionaron funcionalidades y librerías para la conexión y registro de variables en la base de datos, desarrollo de HMI, control de acceso y generación de informes en los programas previamente mencionados.

Lo anterior se realizó a manera de simulación para afianzar el manejo de los programas a implementar para el verdadero desarrollo del proyecto.

En la Figura 1, se muestra la configuración implementada para establecer conexión con el servidor de la base de datos y, poder insertar registros en la base de datos desde el software de desarrollo a partir de las variables previamente programadas.

Figura 1. Conexión en el software de desarrollo con la base de datos MS SQL

Parameter	Value
Provider	SQLOLEDB
Server	192.168.1.235
Database	PruebaInnovación
Authentication	☒
Username	codesarrollo
Password	*****

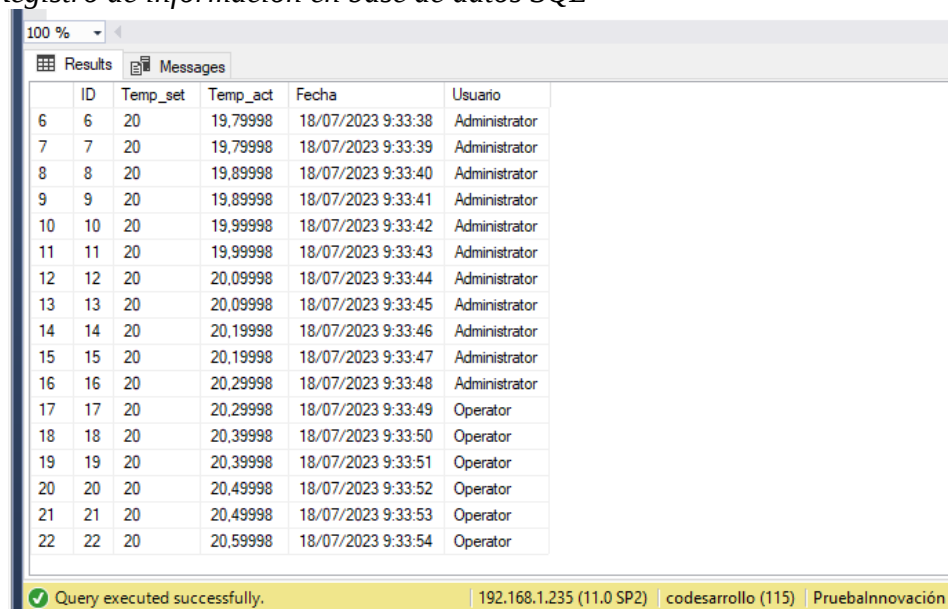
Connection String:
Provider=SQLOLEDB;Data Source=192.168.1.235;Initial Catalog=PruebaInnovación;User Id=codesarrollo;Password=***;

En la figura 2, se muestra la interfaz diseñada como prueba y exploración de las herramientas del software de desarrollo para el desarrollo de HMI, donde se incorporó el control de acceso a partir de usuarios previamente establecidos, con esto se implementó la limitación del uso de determinados botones y campos que dependiendo del nivel de usuario es posible manipular o no. Además, se exploraron funcionalidades como el manejo de diccionarios para cambiar el idioma y, el uso de elementos interactivos en la interfaz.

Figura 2. *Diseño de interfaz de prueba con control de acceso a usuarios*

CONTROL TEMPERATURA		Usuario: %s [icon] [%tHH:mm:ss dd/MM/yyyy]
	Compresor  Abrir/Cerrar puerta  ON OFF	
Temperatura actual:	%2.2f	
Temperatura deseada:	%2.2f	
Control Temperatura Pantalla 2  		Main

Una vez establecida la conexión con el servidor de forma exitosa, se realizó la escritura de registros en la base de datos utilizando librerías y bloques de funciones en el entorno de programación. Este avance permitió automatizar el registro de las variables con la frecuencia deseada, además de poder almacenar diferentes tipos de variables (int, float, datetime, string), tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Registro de información en base de datos SQL

The screenshot displays the SQL Server Enterprise Manager interface. At the top, there is a toolbar with a 'Results' tab selected. Below the toolbar, a grid of query results is shown. The grid has five columns: 'ID', 'Temp_set', 'Temp_act', 'Fecha', and 'Usuario'. The data rows are numbered 6 through 22. The 'Temp_act' column shows values ranging from 19.79998 to 20.59998. The 'Fecha' column shows timestamps from 18/07/2023 9:33:38 to 18/07/2023 9:33:54. The 'Usuario' column shows 'Administrator' for rows 6-16 and 'Operator' for rows 17-22. At the bottom of the window, a status bar indicates 'Query executed successfully.' and provides connection details: '192.168.1.235 (11.0 SP2) | codesarrollo (115) | PruebalInnovación'.

ID	Temp_set	Temp_act	Fecha	Usuario
6	20	19.79998	18/07/2023 9:33:38	Administrator
7	20	19.79998	18/07/2023 9:33:39	Administrator
8	20	19.89998	18/07/2023 9:33:40	Administrator
9	20	19.89998	18/07/2023 9:33:41	Administrator
10	20	19.99998	18/07/2023 9:33:42	Administrator
11	20	19.99998	18/07/2023 9:33:43	Administrator
12	20	20.09998	18/07/2023 9:33:44	Administrator
13	20	20.09998	18/07/2023 9:33:45	Administrator
14	20	20.19998	18/07/2023 9:33:46	Administrator
15	20	20.19998	18/07/2023 9:33:47	Administrator
16	20	20.29998	18/07/2023 9:33:48	Administrator
17	20	20.29998	18/07/2023 9:33:49	Operator
18	20	20.39998	18/07/2023 9:33:50	Operator
19	20	20.39998	18/07/2023 9:33:51	Operator
20	20	20.49998	18/07/2023 9:33:52	Operator
21	20	20.49998	18/07/2023 9:33:53	Operator
22	20	20.59998	18/07/2023 9:33:54	Operator

Finalmente, se desarrollaron reportes utilizando las herramientas de Microsoft Visual Studio y Report Server como se observa en las figuras 4 y 5. Ambas opciones cuentan con herramientas y funcionalidades similares y, se probaron con el fin de explorar y elegir uno de los dos software para el desarrollo de reportes del proyecto donde se evaluaron aspectos como la facilidad de uso, la capacidad de personalización, la generación de informes interactivos y la compatibilidad con diversos formatos de exportación.

En ambos casos, se tiene la posibilidad de acceder a un sitio Web, donde los coordinadores o líderes interesados pueda acceder a los reportes utilizando sus credenciales correspondientes. Es importante destacar que es posible descargar los reportes en diversos formatos como: Word, Excel, PowerPoint, PDF, CSV, entre otros.

Figura 4. Generación de reporte en Visual Studio con SQL Server Data Tools

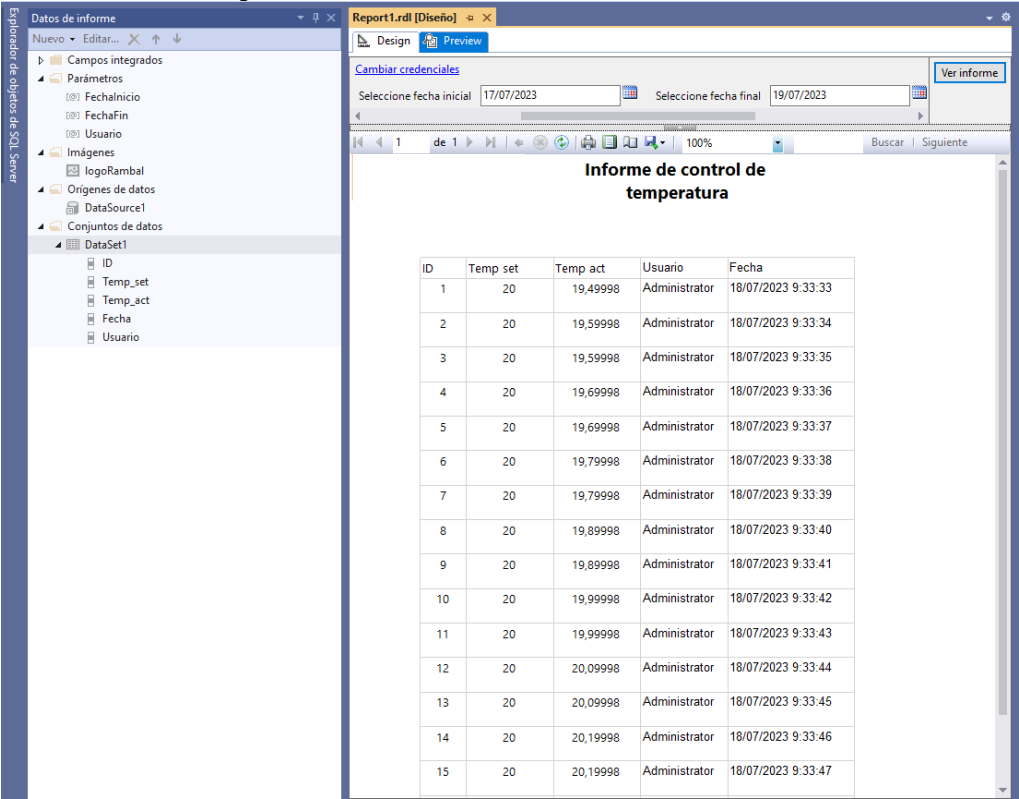
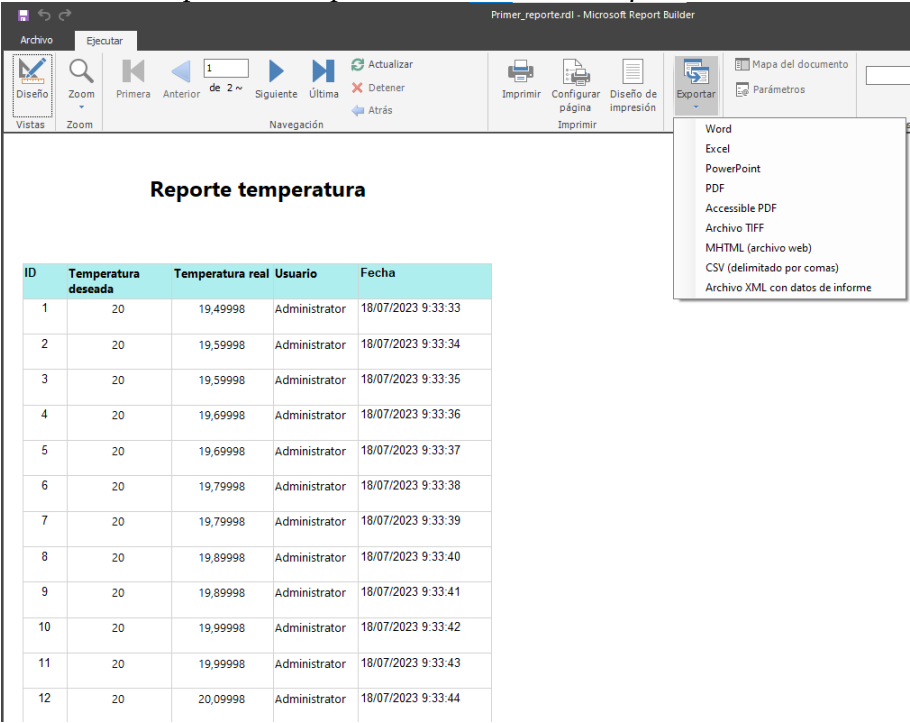


Figura 5. Generación de reporte en Report Server de Microsoft



5.2 Desarrollo del segundo objetivo específico

Durante el segundo periodo de la práctica empresarial se da cumplimiento al segundo y tercer objetivo. El segundo consiste en leer las variables físicas de temperatura y humedad a través del PC compacto para poder registrarlas en una tabla de la base de datos SQL.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico, se realizó la lectura de los sensores de temperatura y humedad instalados en el área, los cuales cuentan con una resolución de 16 bits y transmiten la señal en un lazo de corriente de 4 a 20 mA, por lo que fue necesario realizar la normalización y escalamiento en la programación del PC Industrial para que representaran valores en términos de temperatura (°C) y humedad relativa (%). Por otro lado, se implementó un filtro de media móvil con las muestras recopiladas de la última hora transcurrida para tener un valor representativo del transcurso de ese período, ya que las mediciones se registraron con frecuencia de una hora. Además, se logró suavizar la señal muestreada al implementar dicho filtro, puesto que esta era altamente sensible al ruido y presentaba fluctuaciones drásticas en la medición que no son reales en cambios de temperatura para cortos periodos de tiempo.

Por otro lado, para llevar a cabo la escritura en la base de datos en determinados horarios del día, es necesario mantener un registro constante de la fecha y hora del PC Industrial que, una vez cumplidas ciertas condiciones activa la función que permite la comunicación entre el controlador y el servidor de la base de datos.

Asimismo, es indispensable tener claridad en la equivalencia entre las variables que se manejan en MS SQL y el software de desarrollo, ya que puede llegar a presentar inconsistencia si no se declaran correctamente en ambos entornos de programación. La relación entre los tipos de variables que se manejan en los dos software se observa en la figura 6.

Figura 6. *Mapeo de tipo de datos entre MS SQL y el software de desarrollo*

E_ColumnTypes	MS SQL	TwinCAT PLC
Bigint	bigint	T_ULARGE_INTEGER (ToUtilities.lib)
Integer	integer	DINT
Smallint	smallint	INT
Tinyint	tinyint	SINT
Bit_	bit	BYTE
Money	money	LREAL
Float	float	LREAL
Real_	real	REAL
DateTime	datetime	DT
NText	ntext	STRING
NChar	nchar	STRING
Image	image	ARRAY OF BYTE
NVarChar	nvarchar	STRING
Binary	binary	ARRAY OF BYTE
VarBinary	varbinary	ARRAY OF BYTE

Como ejemplo de la forma correcta de relacionar las variables en ambos entornos de desarrollo se presenta la Figura 7, en donde se puede observar el caso de la declaración de variables tipo string y su equivalente nchar en MS SQL. Además, es importante destacar que es necesario establecer el tamaño de estas variables para que no genere error al momento de hacer la escritura de los datos.

Figura 7. Comparación entre la declaración de variables entre MS SQL y el software de desarrollo

Declaración de variables en software de desarrollo	Declaración de variables en MS SQL		
TYPE ST_DB : STRUCT dtFechaCompleta :DT; sFecha :STRING(20); sHora :STRING(20); fTE1 :REAL; fTE2 :REAL; fTI1 :REAL; fTCR1 :REAL; fHE1 :REAL; fHE2 :REAL; fHI1 :REAL; fHCR1 :REAL; END_STRUCT END_TYPE	Column Name	Data Type	Allow Nulls
	ID	int	☐
	FECHA_HORA	datetime	☒
	FECHA	nchar(20)	☒
	HORA	nchar(20)	☒
	TE1	real	☒
	TE2	real	☒
	TI1	real	☒
	TCR1	real	☒
	HE1	real	☒
	HE2	real	☒
	HI1	real	☒
	HCR1	real	☒

Finalmente, luego de realizar todos los ajustes y programación necesaria se obtiene una tabla en MS SQL que contiene las mediciones de cuatro sensores para temperatura y humedad con su respectiva fecha y hora de lectura, tal como se presenta en la figura 8.

Figura 8. Registro de temperatura y humedad en MS SQL

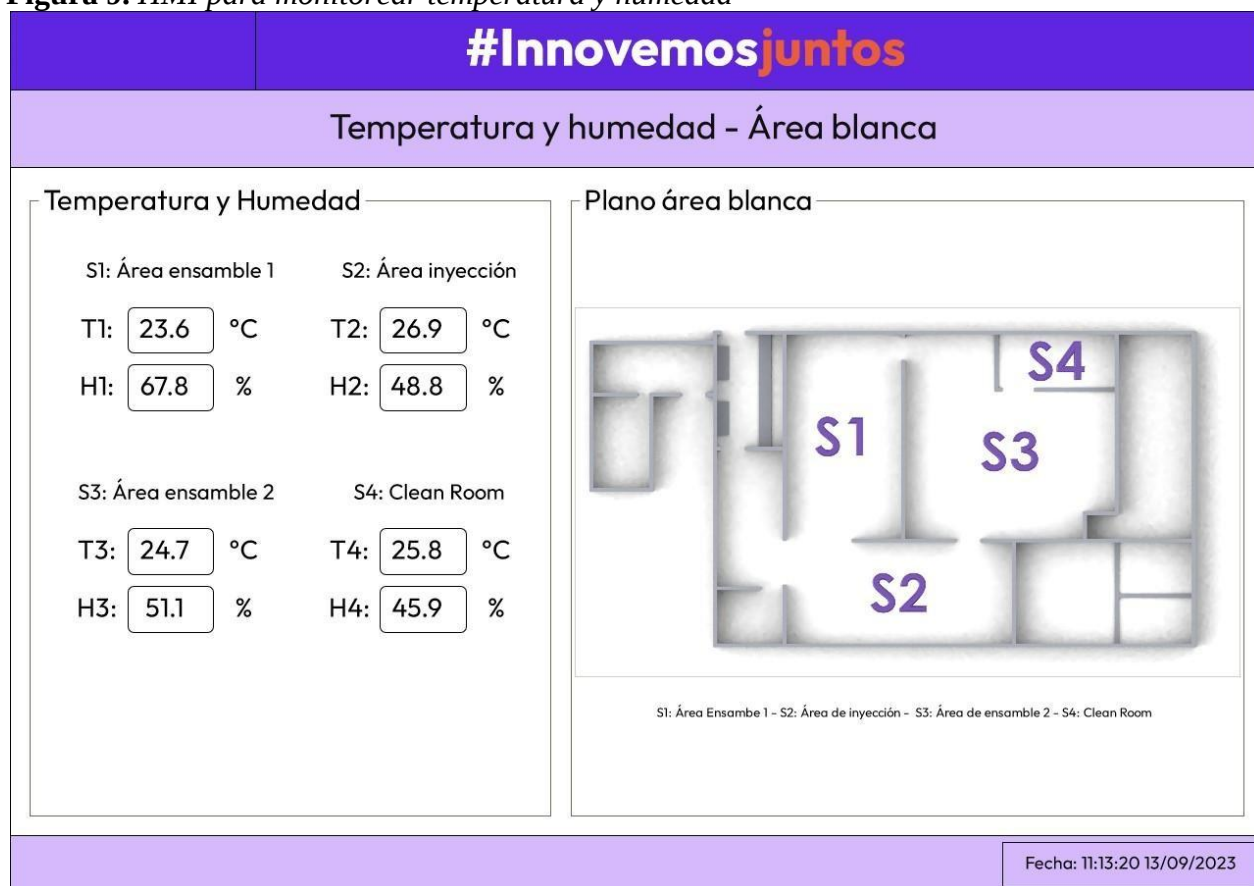
	ID	FECHA_HORA	FECHA	HORA	TE1	TE2	TI1	TCR1	HE1	HE2	HI1	HCR1
1	1	2023-09-19 16:00:00.000	19/9/2023	16:0	25,6	28,4	25,5	26,6	50,7	44	46,8	43
2	2	2023-09-19 17:00:00.000	19/9/2023	17:0	25,6	28,1	25,6	26,7	50,2	44,2	46,5	42
3	3	2023-09-19 18:00:00.000	19/9/2023	18:0	25,1	27,6	25,7	26,8	52,8	45,5	47,2	42,2
4	4	2023-09-19 19:00:00.000	19/9/2023	19:0	24,9	27,1	25,3	26,5	51,2	44,5	45,7	40,6
5	5	2023-09-19 20:00:00.000	19/9/2023	20:0	25	26,9	24,9	26,1	52,5	44	45	39,9
6	6	2023-09-19 21:00:00.000	19/9/2023	21:0	24,6	26,6	24,7	25,7	52,3	45,2	46	41,1
7	7	2023-09-19 22:00:00.000	19/9/2023	22:0	24,8	26,5	24,6	25,3	59	50,1	47,1	43
8	8	2023-09-19 23:00:00.000	19/9/2023	23:0	24,7	26,3	24,4	25,2	58,1	51,7	48	42,6
9	9	2023-09-20 00:00:00.000	20/9/2023	0:0	24,5	26,1	24,1	25	56,4	46,9	46,3	41,3
10	10	2023-09-20 01:00:00.000	20/9/2023	1:0	24,6	25,9	23,9	24,9	53,3	48,3	45,9	40,7
11	11	2023-09-20 02:00:00.000	20/9/2023	2:0	24,6	25,6	23,8	24,7	50,6	46,7	45,1	40,6

Query executed successfully. DB-OFIMA (12.0 SP3) | IDI_Lectura (115)

5.3 Desarrollo del tercer objetivo específico

Por otro lado, dando cumplimiento al tercer objetivo se desarrolló una HMI (Human-machine interface) utilizando la paleta de colores corporativos de Rambal S.A.S BIC. La HMI contiene el logo y eslogan de la empresa, los valores de temperatura y humedad, también muestra un plano esquemático que indica la ubicación de los sensores, por último, la fecha y hora al inferior de la pantalla, tal como se muestra en la Figura 9.

La HMI desarrollada permite monitorear el comportamiento de la temperatura y humedad en cualquier momento del día, el acceso a esta interfaz se realiza a través de una dirección web que está disponible únicamente para las personas interesadas e involucradas en la supervisión de esta información. Además, en una próxima versión del desarrollo se implementará una sección con alertas donde se registren aquellos momentos del día en donde se sobrepasaron los rangos permitidos para la temperatura y humedad de las diferentes áreas.

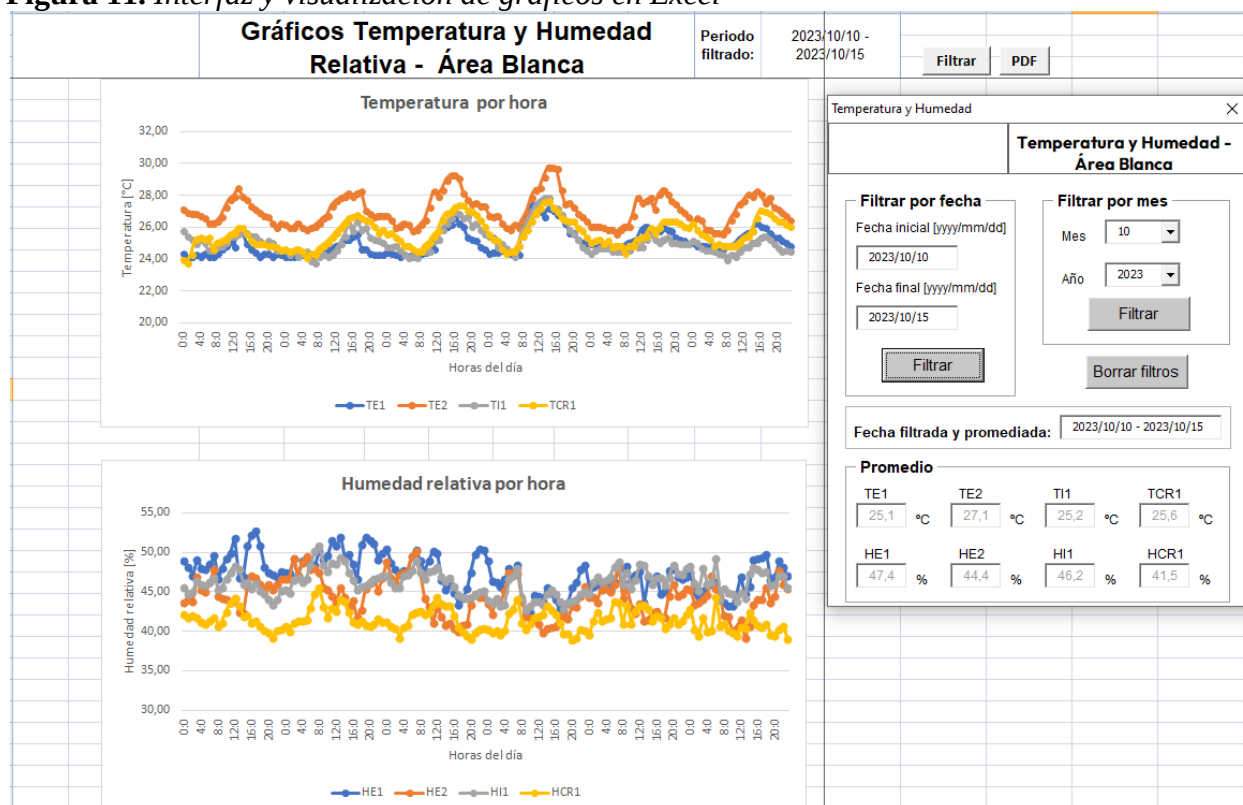
Figura 9. HMI para monitorear temperatura y humedad

5.4 Desarrollo del cuarto objetivo específico

En la etapa final del proyecto, se debía desarrollar una herramienta que se integrara con las bases de datos, permitiendo la generación de informes y facilitando el análisis de los datos almacenados. Inicialmente, esto se había planeado con los servicios de reportes que ofrece Microsoft, sin embargo, por la dificultad en la adquisición de las licencias necesarias y la instalación de estos componentes en los equipos de todos los usuarios que accederían al desarrollo, se tomó la decisión de desarrollar una interfaz en Excel que es accesible para la mayoría de los colaboradores de la empresa y es un software con el que están familiarizados.

En las Figuras 10 y 11 se puede observar el desarrollo realizado con lo anteriormente descrito.

Reporte Temperatura y Humedad Relativa - Área Blanca										Periodo filtrado:	2023/09/25 - 2023/09/25	Filtrar	PDF
ID	FECHA_HORA	FECHA	HORA	TE1	TE2	TI1	TCR1	HE1	HE2	HI1	HCR1		
129	25/09/2023 0:00	25/9/2023	0:0	24,00	26,20	24,70	26,30	59,40	54,00	48,10	42,20		
130	25/09/2023 1:00	25/9/2023	1:0	24,00	25,80	25,30	26,80	60,50	50,60	49,50	44,60		
131	25/09/2023 2:00	25/9/2023	2:0	23,70	25,90	25,20	26,70	60,50	48,50	47,50	42,90		
132	25/09/2023 3:00	25/9/2023	3:0	23,80	25,90	25,00	26,90	62,20	52,30	47,70	42,90		
133	25/09/2023 4:00	25/9/2023	4:0	23,60	25,70	25,10	26,60	60,50	51,30	48,40	43,40		
134	25/09/2023 5:00	25/9/2023	5:0	23,80	25,50	25,00	26,50	60,50	54,10	49,70	44,50		
135	25/09/2023 6:00	25/9/2023	6:0	23,60	25,40	25,10	26,60	62,00	53,00	49,50	44,60		
136	25/09/2023 7:00	25/9/2023	7:0	23,80	25,40	25,20	26,60	61,40	55,10	50,00	44,80		
137	25/09/2023 8:00	25/9/2023	8:0	24,00	26,10	25,20	26,30	60,50	56,10	50,40	45,00		
138	25/09/2023 9:00	25/9/2023	9:0	24,20	26,90	24,70	25,90	60,30	52,50	50,60	44,60		
139	25/09/2023 10:00	25/9/2023	10:0	24,90	27,20	24,80	26,00	54,70	47,50	49,10	44,40		
140	25/09/2023 11:00	25/9/2023	11:0	25,40	28,00	25,60	26,10	49,20	41,60	48,60	44,60		
141	25/09/2023 12:00	25/9/2023	12:0	25,50	28,30	25,90	26,80	50,70	42,80	50,40	46,50		
142	25/09/2023 13:00	25/9/2023	13:0	25,80	28,70	26,80	27,60	49,20	42,50	48,60	46,50		
143	25/09/2023 14:00	25/9/2023	14:0	26,30	29,30	27,30	28,00	49,50	42,10	48,30	46,10		
144	25/09/2023 15:00	25/9/2023	15:0	26,40	29,40	27,20	28,30	49,70	42,60	48,60	45,60		
145	25/09/2023 16:00	25/9/2023	16:0	26,30	28,70	27,20	28,10	48,10	42,30	47,00	44,60		
146	25/09/2023 17:00	25/9/2023	17:0	26,30	28,90	26,80	27,90	49,10	42,30	47,40	43,60		
147	25/09/2023 18:00	25/9/2023	18:0	26,20	28,60	26,60	27,80	47,50	42,50	45,70	41,30		
148	25/09/2023 19:00	25/9/2023	19:0	25,70	27,80	26,00	27,50	48,80	44,30	45,50	40,50		
149	25/09/2023 20:00	25/9/2023	20:0	25,70	27,50	25,60	27,30	51,50	48,20	47,80	42,00		
150	25/09/2023 21:00	25/9/2023	21:0	25,70	27,40	25,60	27,10	52,30	49,80	47,70	41,70		
151	25/09/2023 22:00	25/9/2023	22:0	25,70	27,20	25,30	26,90	54,10	51,10	48,20	42,60		
152	25/09/2023 23:00	25/9/2023	23:0	25,60	27,20	25,30	26,90	56,00	53,40	49,40	43,00		
Promedio				25,00	27,21	25,69	26,98	54,93	48,35	48,49	43,85		

Figura 11. *Interfaz y visualización de gráficos en Excel*

El desarrollo realizado en Excel permite analizar los datos con mayor facilidad y gracias a los gráficos presentados se evidencia la tendencia que tiene la temperatura y humedad a lo largo del día. Además, posibilita la identificación del rango de horas en donde la temperatura es más elevada que, al ser puntos críticos del día es indispensable tener un control riguroso del sistema de enfriamiento que permite moderar el crecimiento y la proliferación de bacterias y microorganismos en un área donde se ensamblan productos que estarán en contacto con alimentos.

Por último, para actualizar y acceder a la información depositada en SQL Server, es necesario proporcionar las credenciales cada vez que se acceda al documento Excel como se muestra en la figura 12. Esta medida se implementa con el fin de garantizar la seguridad en el

acceso a la información y aunque en este caso la información no es muy sensible, es una buena práctica para desarrollos futuros.

Figura 12. *Ventana emergente de solicitud de credenciales*



Finalmente, se realizaron cotizaciones de alternativas para sensores de temperatura y humedad relativa, con el propósito de implementarlos en bodegas donde se requiere monitorear estas variables y aún no cuentan con los dispositivos de medición, esto queda planteado para una segunda etapa del proyecto en donde se pretende dejar automatizada la medición en todas las áreas que lo ameriten. Adicionalmente, se solicitaron cotizaciones para la calibración y ajuste de estos instrumentos, con el fin de garantizar el cumplimiento de la normativa y, la exactitud y precisión de los datos registrados.

Por otro lado, se exploró la opción de adquirir un equipo de medición de temperatura y humedad con especificaciones técnicas al menos 10 veces superior a los sensores adquiridos, con el propósito de utilizarlo como patrón y hacer calibración de los sensores internamente.

6. Conclusiones

1) El desarrollo de este proyecto ha conseguido una mejora significativa en uno de los procesos clave de la planta: el registro de datos. Anteriormente, esta práctica era ineficiente y vulnerable a alteraciones por el personal encargado del registro. Diariamente los inspectores

destinaban alrededor de 10 minutos midiendo y registrando en un formato los valores de temperatura y humedad relativa en las cuatro áreas que se monitorean. Este proceso se repetía 2 veces al día, lo que implica un total de 20 minutos aproximados de su jornada laboral, esto se traduce en 10 horas al mes. Mediante la implementación del prototipo de visualización y centralización de variables se realizan 24 registros diarios sin requerir la intervención del personal en dicho proceso, lo cual permitió tener mayor fiabilidad, trazabilidad y capacidad de predicción del comportamiento de las variables, liberando el tiempo de los inspectores para llevar a cabo otras actividades.

2) La monitorización y visualización de variables en tiempo real a través de la HMI en un Web Server mejoró considerablemente la accesibilidad y supervisión del comportamiento de la temperatura y humedad relativa, permitiendo hacer seguimiento en cualquier momento desde cualquier dispositivo, ya sea un ordenador o celular, que cuente con acceso a la red local de la empresa.

3) Se logró la integración exitosa de la base de datos, el PC industrial, los módulos de entradas y salidas analógicas, los sensores y los entornos de programación, sacando máximo provecho a los recursos existentes y generando así una solución efectiva que se ajusta a las necesidades reales de la empresa.

4) El prototipo desarrollado no solo representa un avance en la automatización del registro de temperatura y humedad relativa, sino que también permitió establecer procedimientos y documentación para implementarlo en futuros desarrollos de la compañía, logrando construir gradualmente un sistema SCADA que brinde la posibilidad de tomar acción de forma rápida e incluso anticipada al disponer del registro confiable de los datos.

Referencias

- [1] Rambal. (s/f). Com.co. Recuperado el 17 de julio de 2023, de <https://rambal.com.co/>
- [2] Diferencia entre PC industrial Vs PLC. (2023, abril 16). Emdoor Information Co., Ltd. <https://es.emdoorrugged.com/difference-between-industrial-pc-vs-plc.html>
- [3] (S/f). Amazon.com. Recuperado el 17 de julio de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/sql/>
- [4] Digital Marketing Specialist. (s/f). ¿Qué es Microsoft SQL Server y para qué sirve? Intelequia. Recuperado el 17 de julio de 2023, de <https://intelequia.com/blog/post/qu%C3%A9-es-microsoft-sql-server-y-para-qu%C3%A9-sirve>
- [5] Qué es un HMI y para qué sirve la Interfaz Humano-Máquina. (2019, junio 10). aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>
- [6] Libre, E. D. es U. (s/f). Introducción al estándar IEC 61131-3. Infoplcn.net. Recuperado el 17 de julio de 2023, de https://www.infoplcn.net/files/documentacion/estandar_programacion/infoPLC_net_Intro_estandar_IEC_61131-3.pdf
- [7] Otey, M. (2019, agosto 16). What is SQL Server Reporting Services? A definition from Whatis.com. Data Management; TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/SQL-ServerReporting-Services>

Apéndices

Apéndice A. *Entrevistas con los departamentos de Inocuidad, producción-ensamble, producción-inyección*

Entrevista con departamento de producción (inyección de dosificadores) – 30 de junio del 2023

¿Qué variables son monitoreadas y almacenadas en el proceso de inyección de los dosificadores?

Tipo de molde, número de cavidades habilitadas, tiempo de ciclo, temperatura de enfriamiento, tiempo de parada y motivo

¿Cómo se almacenan estos registros? ¿Quién lo realiza?

Diariamente durante los 3 turnos de trabajo, los líderes de inyección se encargan de digitar en un computador las variables mencionadas anteriormente.

¿Cómo se registran las paradas de producción en inyección?

Se digita el tiempo de parada en minutos y el motivo. Por ejemplo, cambio de molde - 120 minutos.

¿Se cuenta con medición del consumo energético de la máquina? ¿Cada cuánto? ¿Cómo se registra?

Actualmente, se tiene un analizador de redes y se va turnando por máquina periódicamente, siendo monitoreadas alrededor de 6 máquinas al mes. A partir de esta información, se estudian los datos para evaluar la productividad (producción vs consumo) de la planta.

Entrevista con departamento de inocuidad – 7 de julio del 2023

En el área de producción de dosificadores para alimentos (área blanca), ¿qué controles se realizan para garantizar la inocuidad?

Medición de la temperatura y humedad relativa a través de un termohigrómetro calibrado para controlar el sistema de enfriamiento del área, con el fin de regular el crecimiento de agentes microbiológicos (virus, bacterias y hongos).

¿Cómo y cada cuánto tiempo se realiza la medición de la temperatura y humedad relativa en área blanca?

El registro se realiza de forma manual con un termohigrómetro calibrado dos veces al día, 10:00 AM y 3:00 PM

¿Qué se genera a partir de los datos recolectados para llevar trazabilidad de las mediciones?

Se realiza un reporte en Excel con las mediciones realizadas diariamente a las 10:00 AM y 3:00PM durante un mes, también, se diligencia el inspector de inocuidad encargado del registro.

¿Cuáles son las consecuencias de no llevar a cabo el monitoreo de la temperatura y humedad relativa o de tener valores incorrectos en este proceso?

Al no llevar control de estos parámetros, se podría presentar la proliferación de bacterias y hongos. Un caso específico se presenta con las cajas de empaque que, al ser de cartón resultan más propensas a tener hongos en condiciones de humedad elevada.

Entrevista con departamento de producción (ensamble de dosificadores) – 7 de julio del 2023

¿Qué registros llevan en producción para los dosificadores ensamblados?

Referencia del producto, máquina en la que se ensambló, orden de producción, unidades producidas, tiempo de parada y causa.

¿Cómo se almacenan estos registros? ¿Quién lo realiza?

Se digita diariamente en un computador la información de la producción de la máquina, algunos datos se toman de la HMI (unidades producidas) y otros (causa y hora de parada de máquina, lote y producto) por visión o criterio del líder de producción a cargo.

¿Cómo se registran las paradas de producción en ensamble?

Se digita el tiempo de parada en minutos y el motivo mediante un código. Por ejemplo, 480 minutos, causa: 7.

Tabla 2. *Códigos y causas de paradas de planta en producción*

Código	Causa de parada
1	Daño mecánico
2	Daño eléctrico
3	Ajuste de parámetros
4	Especificación de calidad
5	Cambio de troquel
6	Cambio de tapa y/o base
7	Falta de personal
8	No programada
9	Limpieza y desinfección
10	Materia prima inconforme
11	Otros

Apéndice B. *Formato de registro de temperatura y humedad relativa en Área Blanca*

Nota: véase archivo en fuente externa

Apéndice C. *Reporte de temperatura y humedad relativa de septiembre del 2023*

Nota: véase archivo en fuente externa