

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

INGENIERÍA ESTRATÉGICA

2023-1

Diseños Dominantes Fase 3 - Reto

Autor:

Andrés Holguín R.
Miguel Ángel Viáfara M.
Zharick Pinzón S

Profesor:

Juan Edilberto
Rincon Pardo

Índice

1. Fase 1	1
1.1. Identificación de Diseños Dominantes – DD	1
1.1.1. Definir posibles líneas de trabajo e identificación de DD	1
1.1.2. Mejoras/Sustitución	2
1.2. Propósitos de los Diseños Dominantes	2
1.2.1. Propósito de Alexa	2
1.2.2. Propósito de los relojes inteligentes	2
1.2.3. Propósito de LabVIEW	3
1.2.4. Propósito de Ignition	3
1.3. Análisis del propósito	3
1.3.1. Optimización de procesos industriales	3
2. Fase 2	5
2.1. Introducción	5
2.2. Análisis de un Diseño Dominante	5
2.2.1. Identificación de variables	5
2.2.2. Clasificación de variables	6
2.2.3. Creación de Variables	6
2.3. Encuesta	6
2.4. Análisis de la encuesta	8
3. Fase 3	10
3.1. Identificación de Macronegocios, Driver de Negocio y Línea de Negocio	10
3.2. Identificación de Drivers de diseño y Palancas de Valor	11
3.3. Valoración de las Palancas de Valor	16
3.4. Propuesta de mejora de las Palancas de Valor	17
3.5. Análisis de la propuesta de valor	19
3.6. Requerimientos tecnológicos	20
3.7. Propuesta de parámetros de diseño	21
4. Referencias	23

1. Fase 1

1.1. Identificación de Diseños Dominantes – DD

A partir del trabajo realizado en signos de cambio, se definió la rama principal del Internet de las cosas (IOT), la cual contiene diversas líneas de trabajo que pueden evidenciarse en la figura 1.

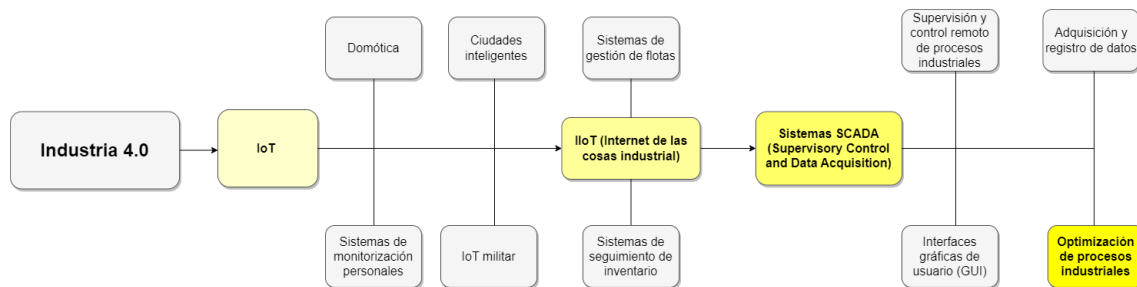


Figura 1: Selección de línea de trabajo

1.1.1. Definir posibles líneas de trabajo e identificación de DD

Para este trabajo se va a realizar la identificación de 4 posibles ramas de trabajo, las cuales se proporcionarán en la siguiente tabla 4 donde también se verán los diseños dominantes de cada una, y sus correspondientes criterios de selección:

Cuadro 1

Línea de trabajo	Productos principales	Diseño dominante	Motivo	¿Sustituible?
Domótica	Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Siri, OpenAI, IBM Watson Assistant	Alexa	Facilidad de uso y amplia compatibilidad	Sí
Sistemas de monitoreo personales	Relojes inteligentes, gafas inteligentes, bandas de fitness.	Relojes inteligentes	Portabilidad, sensores y funcionalidades, así como su asequibilidad y accesibilidad para el consumidor promedio	No
Adquisición y registro de datos	LabVIEW, MATLAB, DASyLab, National Instruments	LabVIEW	Facilidad de uso y flexibilidad en la configuración de sistemas de adquisición de datos	Sí
Optimización de procesos industriales	Ignition, Predix, NodeRed, SIMATIC IT	Ignition	Altamente disponible, fácil de usar y programar, altamente flexible y escalable, con costos moderados, una alta seguridad y confiabilidad tiempo real.	Sí

1.1.2. Mejoras/Sustitución

Sustitución:

- **Domótica:** Se ha elegido a Amazon Alexa como el diseño dominante en esta línea, debido a su capacidad para controlar múltiples dispositivos inteligentes de diferentes marcas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la tecnología de inteligencia artificial está emergiendo rápidamente y tiene el potencial de reemplazar y mejorar las funciones que actualmente realiza Amazon Alexa. La inteligencia artificial está demostrando cada vez más capacidad para realizar tareas complejas y automatizar procesos, lo que podría transformar la forma en que interactuamos con la tecnología en el futuro.
- **Adquisición de datos (DAQ):** Matlab ofrece varias ventajas en comparación con LabVIEW en la adquisición y registro de datos, como su programación más flexible, su compatibilidad con una amplia gama de dispositivos de adquisición de datos, su capacidad de procesamiento y análisis avanzados de datos, y su integración con otras herramientas y tecnologías. Estas características permiten a los usuarios personalizar el código, manipular grandes conjuntos de datos de manera eficiente, integrar diferentes herramientas y tecnologías, y realizar cálculos avanzados.
- **Optimización de procesos industriales:** El software Ignition, a pesar de ser altamente usados y flexibles, tiene el problema de costos, teniendo en cuenta que cada vez más los softwares libres están siendo utilizados por la industria. De este modo, es posible que softwares como NodeRed se vuelvan los que más se utilicen en un futuro, que permite un acceso libre a todo tipo de hardware y software en la industria.

Mejora:

- **Sistemas de monitoreo personales:** Los relojes inteligentes se han vuelto una herramienta indispensable para personas que utilicen wearables, sin embargo, los relojes inteligentes más utilizados suelen estar restringidos a conexión única con celulares de la misma marca. Mejorar la interconexión entre dispositivos sería una gran ventaja para estos dispositivos.

1.2. Propósitos de los Diseños Dominantes

1.2.1. Propósito de Alexa

En el IoT, actuar como un hub central que conecta y controla los dispositivos inteligentes en el hogar, brindando accesibilidad, control y monitoreo. Por otra parte externamente su propósito es proporcionar una experiencia de asistencia en el hogar que ayude a los clientes a realizar diversas tareas de manera más fácil y conveniente; en cambio, en innovación su finalidad es mejorar continuamente su tecnología y expandir su alcance en la vida de los usuarios.

1.2.2. Propósito de los relojes inteligentes

Dentro del sector de interés, actuar como un dispositivo portátil que conecta y controla otros dispositivos inteligentes en el hogar y en la vida diaria del usuario.

Mientras tanto, comercialmente su objetivo es ofrecer una amplia variedad de funciones y características que atraigan a los consumidores y satisfagan sus necesidades y expectativa.

1.2.3. Propósito de LabVIEW

LabVIEW dentro de IoT tiene como fin, proporcionar una plataforma de desarrollo para la adquisición, análisis y visualización de datos de sensores y dispositivos conectados. Donde permite la integración de múltiples sistemas y dispositivos en una plataforma centralizada para la monitorización y control.

En el campo de la innovación se encamina a una plataforma para el desarrollo de soluciones innovadoras en múltiples áreas, incluyendo la industria, la investigación y la educación; en ingeniería por su parte, provee reducción de costos y aumento de eficiencia, integrando la automatización y el control de procesos de manera satisfactoria.

1.2.4. Propósito de Ignition

Desde la perspectiva del IoT, Ignition suministra una plataforma integral para la integración de datos y la automatización de procesos en la industria, propiciando la integración de dispositivos y sistemas, la recopilación y análisis de datos en tiempo real, la gestión de la energía, la visualización y el control, y la escalabilidad y flexibilidad para adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones.

Paralelamente, dentro de la industria y la innovación su objetivo es brindar una plataforma de software escalable y flexible, fácil de implementar y utilizar, lo que lo hace ideal para diferentes industrias. Por otro lado en la educación, aportar herramientas y recursos educativos para que los estudiantes puedan aprender a diseñar, desarrollar e implementar soluciones de automatización y control de procesos en diferentes industrias.

1.3. Análisis del propósito

1.3.1. Optimización de procesos industriales

Node-RED es un software de código abierto que permite la creación de flujos de trabajo basados en nodos para la integración de diferentes dispositivos y sistemas de automatización en una única plataforma. Node-RED permite la integración de dispositivos IoT y protocolos de comunicación en tiempo real, lo que lo convierte en una herramienta ideal para el monitoreo y control de procesos industriales. Además, Node-RED ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar para la programación y configuración de flujos de trabajo, lo que facilita el desarrollo y la implementación de soluciones personalizadas.

Por otro lado, Ignition es un software propietario que también ofrece soluciones SCADA con implementación IOT. Ignition es conocido por su escalabilidad y flexibilidad, así como por su capacidad para integrar diferentes sistemas y dispositivos. Sin embargo, Ignition puede ser costoso en comparación con otras soluciones, lo que lo hace menos accesible para empresas más pequeñas. Además, la curva de aprendizaje de Ignition puede ser empinada para algunos usuarios debido a su complejidad.

Teniendo en cuenta estos factores, se puede argumentar que Node-RED tiene el potencial de reemplazar a Ignition como diseño dominante de tecnología SCADA con implementación IOT, ya que cumple el mismo propósito de monitorear y controlar procesos industriales, pero con algunas ventajas clave. En primer lugar, Node-RED es una herramienta de código abierto y, por lo tanto, más accesible y económica para empresas más pequeñas o para proyectos con presupuestos limitados. En segundo lugar, Node-RED ofrece una interfaz de usuario más intuitiva y fácil de usar, lo que reduce la curva de aprendizaje y el tiempo de desarrollo para los usuarios. Finalmente, Node-RED está diseñado específicamente para la integración de dispositivos IoT y protocolos de comunicación en tiempo real, lo

que lo hace una solución más adecuada para proyectos IOT.

En conclusión, Node-RED tiene el potencial de convertirse en el diseño dominante de tecnología SCADA con implementación IOT, ya que cumple el mismo propósito que Ignition, pero con algunas ventajas clave en términos de accesibilidad, facilidad de uso y capacidades IOT.

2. Fase 2

2.1. Introducción

El diseño dominante de más interés para el equipo está enfocado en la optimización de procesos industriales mediante el uso de sistemas SCADA como lo es *Ignition*, ya que este se encuentra directamente relacionado con el sector de interés del Internet de las cosas (IoT) y procesos industriales.

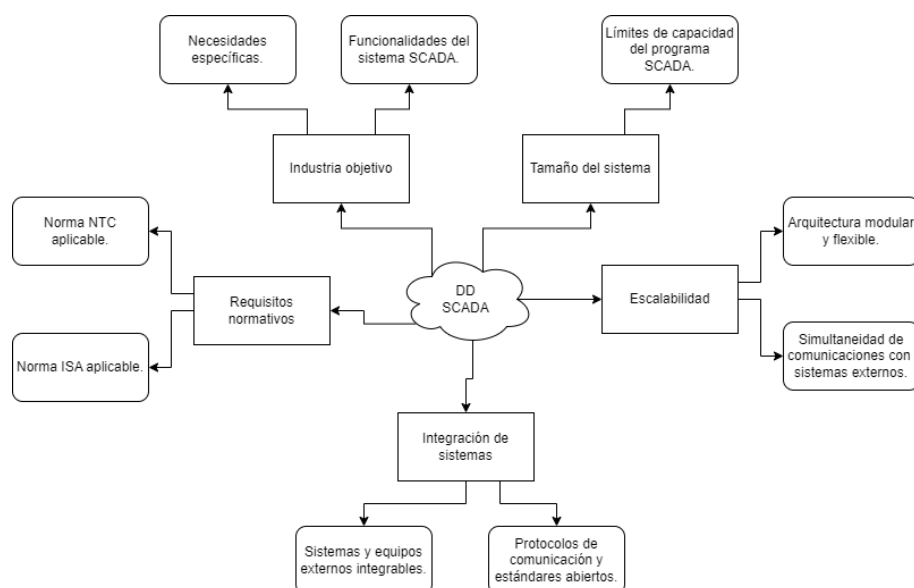
Además, se cree que da las cuatro selecciones de diseños dominantes que se realizó anteriormente, esta línea de trabajo puede llegar a generar la mayor potencialidad de negocio y mejora dentro del marco de la industria colombiana e incluso global.

2.2. Análisis de un Diseño Dominante

2.2.1. Identificación de variables

Variables de Negocio	Variables de Diseño
Industria objetivo	-Necesidades específicas. -Funcionalidades del sistema SCADA.
Tamaño del sistema	-Límites de capacidad del programa SCADA.
Requisitos normativos	-Norma NTC aplicable. -Norma ISA aplicable.
Escalabilidad	-Arquitectura modular y flexible. -Simultaneidad de comunicaciones con sistemas externos.
Integración de sistemas	- Sistemas y equipos externos integrables. -Protocolos de comunicación y estándares abiertos.

Cuadro 2: Variables de negocio y de diseño



2.2.2. Clasificación de variables

	Variables de diseño
Eliminables	- Límites de capacidad del programa SCADA.
Incrementables	- Arquitectura modular y flexible. - Simultaneidad de comunicación con sistemas externos. - Funcionalidades del sistema SCADA. - Necesidades específicas. - Protocolos de comunicación y estándares abiertos.
Inmodificables	- Norma NTC aplicable. - Norma ISA aplicable.
Reducibles	- Sistemas y equipos integrables (físicos).

Cuadro 3: Clasificación de acuerdo al DD

2.2.3. Creación de Variables

Las variables que pueden agregarle valor al diseño dominante son las siguientes:

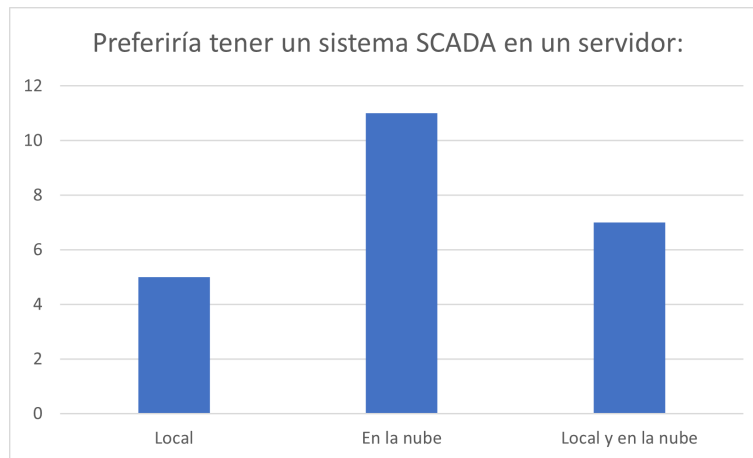
- **Análisis avanzado de datos en tiempo real:** Implementar capacidades de análisis avanzado de datos (Big data) en tiempo real dentro del sistema SCADA, permitiendo la detección temprana de patrones anómalos, tendencias emergentes o posibles fallas en los procesos para poder así tomar las medidas correctivas apropiadas.
- **Integración con tecnologías emergentes:** Explorar la integración del sistema SCADA con tecnologías emergentes como el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), la inteligencia artificial (IA) y/o el aprendizaje autónomo (Machine Learning) para optimizar la eficiencia y mejorar la toma de decisiones del operario.
- **Interfaz de usuario intuitiva y personalizable:** Desarrollar una interfaz de usuario altamente intuitiva y personalizable, que se adapte a las preferencias y necesidades específicas de los clientes, facilitando la visualización y control de los procesos.
- **Acceso remoto:** Capacidad de implementación de sistema SCADA descentralizado de las instalaciones físicas de la empresa con la capacidad de operabilidad desde cualquier lugar en el mundo mediante acceso a internet, optimizando los tiempos de operación del operario en el sistema.

2.3. Encuesta

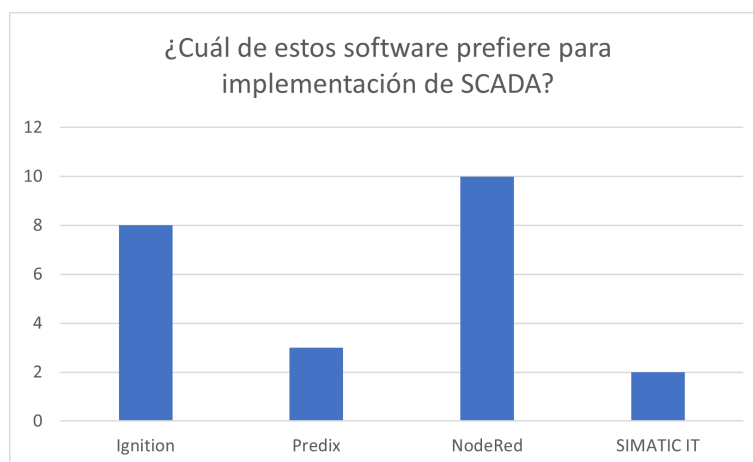
Con todo y lo anterior, se realizó una pequeña encuesta de cinco preguntas a varios estudiantes del curso de SCADA y CI, incluyendo al profesor del curso Eduardo Barrera Gualdron. En total, 23 personas contestaron la encuesta. El objetivo principal de la encuesta es identificar la viabilidad de generar una transición de sistemas SCADA a tecnologías emergentes IIOT en las MIPyMES colombianas.

En las siguientes figuras se evidencian los resultados de las preguntas.

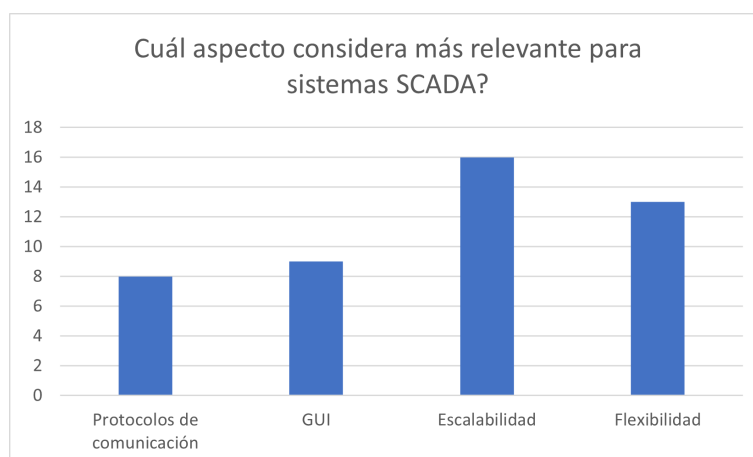
Pregunta 1. Preferiría tener un sistema SCADA en un servidor:



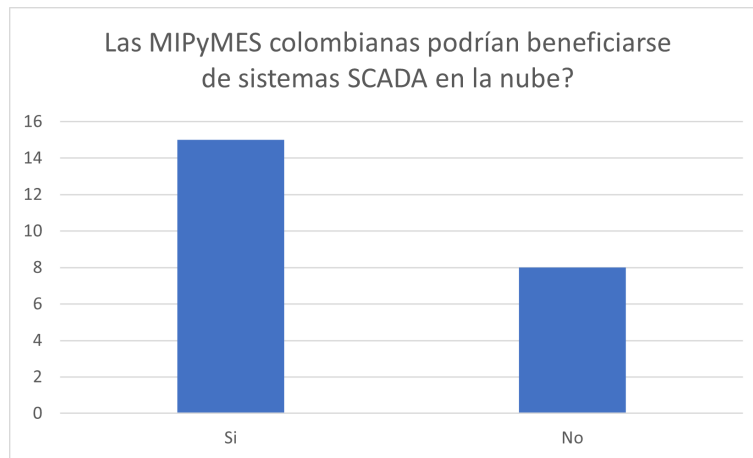
Pregunta 2. ¿Cuál de estos software prefiere para implementación de SCADA?



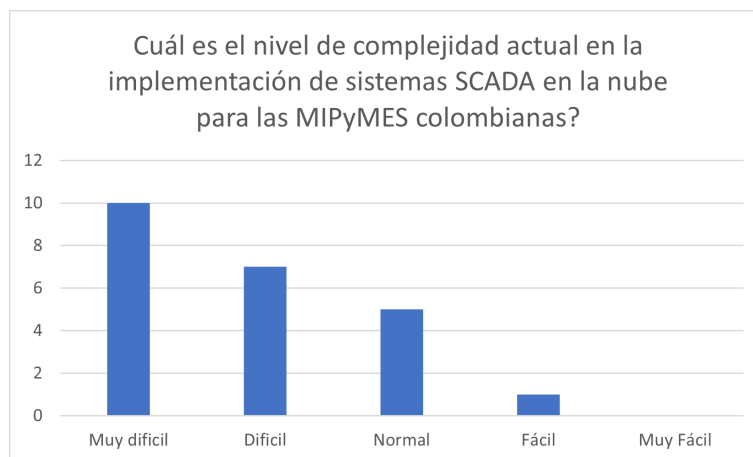
Pregunta 3. ¿Cuál aspecto considera más relevante para sistemas SCADA?



Pregunta 4. ¿Las MIPyMES colombianas podrían beneficiarse de sistemas SCADA en la nube?



Pregunta 5. ¿Cuál es el nivel de complejidad actual en la implementación de sistemas SCADA en la nube para las MIPyMES colombianas?



2.4. Análisis de la encuesta

Con base en los resultados de las encuestas, y con base a la opinión del profesor Eduardo, es posible identificar el comportamiento y tendencias que se tienen hoy en día sobre la implementación de sistemas SCADA en la nube para las MIPyMES colombianas.

Empezando con la primera pregunta, se evidencia la preferencia de poseer sistemas SCADA en servidores en la nube sobre locales, o incluso una combinación de local e híbrido. Esto logra establecer la ventaja de tener estos sistemas en la nube, ya que facilita su manejo, mantenimiento, administración e incluso transformación.

Ahora, con la segunda pregunta se establece la prevalencia de Ignition y Node-RED para implementar sistemas SCADA, cabe aclarar que en el curso de SCADA y CI no se implementan los software Predix y SIMATIC IT, por lo que puede estar un poco sesgado en esas opciones. Sin embargo, respecto a las dos respuestas más populares, se evidencia un poco la popularidad de Node-RED en implementación de estos sistemas, sin embargo se ve una fuerte prevalencia del software Ignition para estos sistemas, aún cuando en curso se enfocó más en Node-RED.

De este modo, en la tercera pregunta se evidencia una repartición de respuestas, tenga en cuenta que en esta pregunta se podían escoger dos opciones de las cuatro. En esta, se evidencia que a pesar de

ver una distribución similar en la importancia de las opciones, la escalabilidad es el factor clave en la implementación de sistemas SCADA. Ahora bien, si se analizan las posibilidades de implementación de SCADA, si se desea comprar un servidor para el día de hoy, y en unos años este no es escalable mediante que la empresa crece, por lo que sería necesario hacer la adquisición de un nuevo servidor para el sistema. Este problema se arreglaría con sistemas SCADA en la nube ya que generar la migración a otro servidor de mayor capacidad es bastante sencillo a comparación de servidores físicos.

Pasando a la pregunta 3, se necesita un nivel de análisis más alto para entender por qué la opción de *sí* no tuvo mayor porcentaje de respuestas. Desde un punto de vista objetivo, se puede pensar que las MIPyMES colombianas sí pueden beneficiarse de sistemas SCADA en la nube, ya que esto permite facilitar el manejo de datos de la industria de manera organizada y sencilla, a cambio de pagar una mensualidad por un servidor en línea para esto. Sin embargo, puede que estas MIPyMES no puedan asumir estos costos, a pesar de las ventajas que podrían llegar a generar.

Con esto, se puede apoyar esta abstracción de resultados con base a la pregunta 4. La mayoría piensa que se tiene un nivel de complejidad alto en la implementación de sistemas SCADA en la nube en las MIPyMES colombianas. Problemas de costos de ciberseguridad y de conexión intermitente con la red pueden ser algunos de los factores que dificulten esta transición tecnológica en las industrias, así mismo como la capacitación de técnicos y operarios en tecnologías pueden generar retrasos en la producción de cualquier industria.

3. Fase 3

3.1. Identificación de Macronegocios, Driver de Negocio y Línea de Negocio

Para comenzar el análisis del sistema dominante SCADA, es crucial identificar en qué macronegocio participa. Estos macronegocios se pueden clasificar en cuatro categorías principales: bienestar, económico, transcendencia y tiempo. En el caso de un sistema SCADA en procesos industriales, es probable que se vea identificado principalmente en los aspectos económicos y de tiempo.

Al implementar un sistema SCADA en un proceso industrial, la empresa debe realizar una inversión considerable. Sin embargo, esta inversión se traduce en una disminución significativa del tiempo empleado en el monitoreo, control y adquisición de datos. El sistema SCADA permite llevar a cabo estas tareas de manera más rápida y eficiente, lo que resulta en un ahorro de tiempo significativo en dichos procesos.

La optimización del tiempo es uno de los principales beneficios de un sistema SCADA en los procesos industriales. Al automatizar y centralizar las operaciones de supervisión y control, se eliminan las tareas manuales y repetitivas, lo que reduce los tiempos de respuesta y permite una toma de decisiones más ágil. Esto se traduce en una mejora en la eficiencia operativa y en la capacidad de la empresa para adaptarse rápidamente a los cambios y demandas del mercado.

Además del ahorro de tiempo, el sistema SCADA tiene un impacto significativo en los aspectos económicos de una empresa. La automatización y optimización de procesos permiten reducir los costos de producción y mejorar la calidad de los productos. Al mismo tiempo, al facilitar la detección temprana de problemas o fallas en el proceso, el sistema SCADA contribuye a minimizar los tiempos de inactividad y los costos asociados a interrupciones no planificadas.

Con base a la importancia del ahorro de tiempo y su impacto en la rentabilidad de la empresa, se puede concluir que el principal macronegocio al que pertenece el sistema dominante SCADA es el del **tiempo**. La capacidad de ahorrar tiempo en los procesos industriales se convierte en un factor clave para mejorar la productividad, reducir costos y lograr una ventaja competitiva en el mercado.

Una vez identificado el macronegocio, se procede a analizar los posibles drivers de negocio que están asociados a los sistemas SCADA. Después de un análisis exhaustivo, se han definido cuatro drivers de negocio clave:

- **Eficiencia y productividad:** El sistema SCADA permite optimizar los procesos industriales, mejorando la eficiencia y aumentando la productividad de la empresa.
- **Seguridad y prevención de riesgos:** Mediante la supervisión continua y la detección temprana de problemas, el sistema SCADA contribuye a garantizar la seguridad en los procesos industriales y prevenir riesgos.
- **Confiabilidad y disponibilidad:** El sistema SCADA ofrece una mayor confiabilidad y disponibilidad al monitorear constantemente los activos y sistemas críticos, lo que reduce los tiempos de inactividad y mejora la continuidad operativa.
- **Escalabilidad y flexibilidad:** Los sistemas SCADA son escalables y flexibles, lo que permite adaptarse a las necesidades cambiantes de la empresa y su capacidad de crecimiento.

Haciendo un análisis general de las necesidades que tiene la industria colombiana al momento de adicionar un sistema SCADA, se realiza la identificación de los drivers de negocio y las posibles líneas de negocio que los componen, este análisis se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4: MACRONEGOCIO, DRIVERS DE NEGOCIO Y LINEAS DE NEGOCIO

MACRONEGOCIO	DRIVERS DE NEGOCIO	LINEAS DE NEGOCIO
TIEMPO	Eficiencia y productividad	Software personalizado, consultoría y servicios de implementación, Integración de IA y aprendizaje por refuerzo.
	Seguridad y prevención de riesgos	Detección y respuesta a situaciones peligrosas, auditoría y consultoría en seguridad cibernética, sistemas redundantes y tolerantes a fallos.
	Confiabilidad y disponibilidad	Mantenimiento y monitoreo remoto , equipos y componentes de alta calidad, arquitecturas de sistemas distribuidos.
	Escalabilidad y flexibilidad	Arquitecturas modulares y escalables, servicios de migración y actualización de sistemas, Oferta de soluciones en la nube .

Con base a la propuesta de diseño establecida en la fase 2, se ha identificado que esta se enmarca principalmente en dos líneas de negocio: *Oferta de soluciones en la nube y mantenimiento y monitoreo remoto*. Estas líneas de negocio están asociadas a los drivers de negocio de escalabilidad y flexibilidad, confiabilidad y disponibilidad respectivamente. Es importante mencionar que esta selección no excluye la posibilidad de que el diseño también pueda formar parte de otras líneas de negocio secundarias dentro de estos drivers de negocio seleccionados o incluso dentro de los demás.

3.2. Identificación de Drivers de diseño y Palancas de Valor

Con el objetivo de satisfacer los drivers de negocio identificados previamente, se procede a buscar los drivers de diseño adecuados. Estos drivers de diseño son responsables de ofrecer soluciones que cumplan con los drivers de negocio, utilizando las palancas de valor. Las palancas de valor representan las funcionalidades y atributos de la propuesta de valor. En esta etapa, se han desarrollado cinco palancas de valor para cada driver de diseño, como se muestra en el cuadro 5.

Es importante destacar que las palancas de valor son formas específicas de expresar las características y funcionalidades del diseño, que permiten agregar valor a la propuesta y satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

Basándose en la propuesta de diseño, se ha identificado que ésta forma parte de los cuatro drivers de negocio mencionados anteriormente. Estos drivers de negocio, a su vez, se componen de drivers de diseño, los cuales se desglosan en diversas palancas de valor. Estas palancas de valor pueden ser detalladas en el cuadro 5, donde cada driver de diseño cuenta con cinco posibles palancas de negocio. Este proceso se llevó a cabo debido a que el diseño tiene una visión integral en relación a todos los drivers de negocio.

Cuadro 5: Drivers de diseño y Palancas de Valor

DRIVERS DE NEGOCIO	DRIVERS DE DISEÑO	PALANCAS DE VALOR
Eficiencia y productividad	Tiempo de respuesta rápido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Latencia de comunicación inferior a 100 ms. 2. Tiempo de actualización de datos en menos de 1 segundo. 3. Capacidad de procesamiento de eventos en tiempo real. 4. Optimización de algoritmos para cálculos rápidos. 5. Capacidad de ejecutar múltiples tareas en paralelo.
	Interfaz intuitiva y fácil de usar.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de interfaz de usuario intuitivo y con flujo lógico. 2. Organización clara y accesible de la información. 3. Menús y botones de navegación simplificados. 4. Uso de gráficos y representaciones visuales comprensibles. 5. Personalización de la interfaz según las preferencias del usuario.
	Recopilación y análisis de datos en tiempo real.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de datos a alta velocidad y sincronización precisa. 2. Almacenamiento eficiente de grandes volúmenes de datos. 3. Algoritmos de análisis y detección de patrones en tiempo real. 4. Visualización de datos en tiempo real con gráficos y tablas interactivas. 5. Generación automática de informes y alertas basadas en datos en tiempo real.
	Integración con sistemas de automatización y control.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compatibilidad con protocolos de comunicación industrial estándar (como OPC, Modbus, Profibus, etc.). 2. Interconexión con PLCs, controladores de lógica programable y otros dispositivos de control. 3. Capacidad de enviar comandos y recibir retroalimentación en tiempo real. 4. Integración con sistemas de control distribuido (DCS) y sistemas de gestión de activos. 5. Capacidad de establecer alarmas y acciones de control automatizadas.
	Eficiencia energética y reducción de emisiones.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Optimización del consumo de energía y uso eficiente de los recursos. 2. Uso de fuentes de energía renovable para alimentar el sistema. 3. Minimización de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. 4. Medición y seguimiento de la huella de carbono y otros indicadores ambientales. 5. Cumplimiento de estándares y certificaciones de eficiencia energética.

Cuadro 5: Drivers de diseño y Palancas de Valor

DRIVERS DE NEGOCIO	DRIVERS DE DISEÑO	PALANCAS DE VALOR
Seguridad y prevención de riesgos	Detección y alerta temprana.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de sensores y sistemas de monitoreo para detectar condiciones anormales. 2. Algoritmos de análisis avanzados para identificar patrones de comportamiento sospechosos. 3. Establecimiento de umbrales y reglas de alerta personalizables. 4. Integración con sistemas de gestión de incidentes para notificaciones y seguimiento. 5. Capacidades de notificación en tiempo real a través de mensajes, correos electrónicos o llamadas.
	Controles de acceso y autenticación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementación de autenticación de múltiples factores (contraseña, tarjeta, huella digital, etc.). 2. Gestión centralizada de usuarios y roles con asignación de privilegios. 3. Auditoría de acceso y seguimiento de actividades de usuario. 4. Encriptación de datos y comunicaciones para garantizar la confidencialidad. 5. Integración con sistemas de directorio corporativo para la gestión unificada de identidades.
	Protección de datos y sistemas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Copias de seguridad periódicas y almacenamiento seguro de datos. 2. Implementación de mecanismos de cifrado para proteger la integridad de los datos. 3. Sistemas de detección y prevención de intrusiones (IDS/IPS) para evitar ataques cibernéticos. 4. Actualizaciones regulares de seguridad y parches de software. 5. Capacidades de restauración rápida y completa en caso de incidentes.
	Registro de eventos y auditoría.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro detallado de todas las acciones y cambios realizados en el sistema. 2. Registro de eventos críticos y alarmas, incluyendo fecha y hora. 3. Capacidad de búsqueda y filtrado de registros para fines de auditoría. 4. Generación de informes de auditoría personalizables. 5. Conservación segura de registros de eventos para cumplir con los requisitos de cumplimiento normativo.
	Diseño robusto y redundante.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de hardware y software tolerante a fallos. 2. Uso de redundancia en componentes críticos para garantizar la continuidad del servicio. 3. Alimentación eléctrica ininterrumpida (UPS) y generación de energía de respaldo. 4. Sistemas de refrigeración y control ambiental para mantener las condiciones óptimas de operación. 5. Pruebas rigurosas de estabilidad y fiabilidad del sistema.

Cuadro 5: Drivers de diseño y Palancas de Valor

DRIVERS DE NEGOCIO	DRIVERS DE DISEÑO	PALANCAS DE VALOR
Confiabilidad y disponibilidad	Respaldo y recuperación ante fallos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Copias de seguridad automatizadas y programadas de datos críticos. 2. Sistemas de redundancia y conmutación por error para garantizar la disponibilidad continua. 3. Procedimientos de recuperación de desastres para restaurar rápidamente el sistema en caso de fallos catastróficos. 4. Monitorización constante de la integridad de los datos y detección de errores. 5. Pruebas regulares de recuperación y restauración para asegurar la eficacia del proceso.
	Mantenimiento predictivo y preventivo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorización continua de la salud y el rendimiento del sistema. 2. Detección temprana de posibles fallos y degradaciones en el rendimiento. 3. Análisis de datos históricos para identificar patrones y tendencias. 4. Planificación y programación automatizada de tareas de mantenimiento. 5. Alertas y notificaciones para el mantenimiento preventivo y correctivo.
	Tolerancia a fallos y auto-reparación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Detección automática de fallos y conmutación a sistemas redundantes. 2. Capacidad de autodiagnóstico y autorreparación de componentes. 3. Algoritmos de recuperación automática de errores y reinicio del sistema. 4. Capacidades de autorregulación para adaptarse a condiciones cambiantes. 5. Supervisión constante del estado de los componentes críticos.
	Monitorización constante de estados del sistema.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensores y sondas de monitoreo para recopilar datos sobre el estado del sistema. 2. Monitorización en tiempo real de parámetros clave de rendimiento y salud. 3. Análisis de tendencias y alertas tempranas de desviaciones del rendimiento esperado. 4. Sistemas de diagnóstico y análisis predictivo de fallos. 5. Integración con sistemas de gestión del ciclo de vida del activo para un seguimiento completo.
	Diseño modular y reemplazo en caliente.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Componentes intercambiables en caliente sin afectar la operatividad del sistema. 2. Diseño modular que permite la sustitución rápida y sencilla de componentes defectuosos. 3. Capacidades de autoconfiguración y autodetección de nuevos módulos. 4. Interfaces estandarizadas para facilitar la integración de nuevos componentes. 5. Minimización del tiempo de inactividad durante el reemplazo o mantenimiento de componentes.

Cuadro 5: Drivers de diseño y Palancas de Valor

DRIVERS DE NEGOCIO	DRIVERS DE DISEÑO	PALANCAS DE VALOR
Escalabilidad y flexibilidad	Arquitectura modular y escalable.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño basado en componentes independientes y fácilmente intercambiables. 2. Capacidad de agregar o eliminar módulos según las necesidades del sistema. 3. Escalabilidad vertical y horizontal para acomodar el crecimiento del sistema. 4. Uso de estándares abiertos para garantizar la compatibilidad y la interoperabilidad. 5. Gestión dinámica de recursos para optimizar el rendimiento y la eficiencia.
	Interoperabilidad con otros sistemas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compatibilidad con protocolos y estándares de comunicación ampliamente utilizados en la industria. 2. Integración con sistemas de gestión empresarial (ERP) y sistemas de planificación de recursos. 3. Conexión con sistemas de monitoreo y gestión de energía. 4. Capacidad de intercambio de datos bidireccional con otros sistemas y dispositivos. 5. Uso de interfaces y APIs abiertas para facilitar la interoperabilidad.
	Personalización y adaptabilidad.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Configuración flexible de parámetros y reglas de operación. 2. Capacidades de adaptación a diferentes entornos y requisitos de la industria. 3. Soporte para múltiples perfiles de usuario con configuraciones personalizadas. 4. Posibilidad de personalizar informes y paneles de control según las necesidades del usuario. 5. Actualizaciones y mejoras del sistema sin interrupción de la operación.
	Gestión de cambios y versiones.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro de cambios y control de versiones del software y el hardware. 2. Gestión de configuración para mantener la consistencia y la trazabilidad de los cambios. 3. Procedimientos de validación y pruebas para nuevos cambios antes de su implementación. 4. Compatibilidad y retrocompatibilidad entre versiones del sistema. 5. Implementación de cambios de manera segura y sin impacto en la operación del sistema.
	Adaptación a normativas y regulaciones.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cumplimiento de estándares y regulaciones específicos de la industria. 2. Capacidades de generación de informes y registros necesarios para auditorías regulatorias. 3. Actualizaciones y adaptaciones automáticas para cumplir con cambios en regulaciones. 4. Integración con sistemas de gestión ambiental y de seguridad. 5. Monitorización y cumplimiento de los requisitos de ciberseguridad.

3.3. Valoración de las Palancas de Valor

Considerando todas las palancas de valor mencionadas en la sección anterior, se procede a realizar una selección de las 10 palancas más relevantes y adecuadas para el propósito del diseño del equipo. Dado que el diseño tiene una visión integral de todos los drivers de negocio, debido al diverso enfoque que hay se contempla la selección dentro de todos los drivers de negocio. Sin embargo, se observa una mayor cantidad de palancas de valor seleccionadas en los drivers de escalabilidad y flexibilidad, así como en confiabilidad y disponibilidad. Esto se debe a la ya mencionada inclinación del diseño hacia estos drivers de negocio.

DRIVERS DE NEGOCIO	DRIVERS DE DISEÑO	PALANCAS DE VALOR
Eficiencia y productividad.	Eficiencia energética y reducción de emisiones.	Optimización del consumo de energía y uso eficiente de los recursos.
Seguridad y prevención de riesgos .	Protección de datos y sistemas.	Copias de seguridad periódicas y almacenamiento seguro de datos.
Confiabilidad y disponibilidad.	Respaldo y recuperación ante fallos.	Procedimientos de recuperación de desastres para restaurar rápidamente el sistema en caso de fallos catastróficos.
	Tolerancia a fallos y auto-reparación.	Capacidad de autodiagnóstico y autoreparación de componentes.
	Diseño modular y reemplazo en caliente.	Diseño modular que permite la sustitución rápida y sencilla de componentes defectuosos.
Escalabilidad y flexibilidad	Arquitectura modular y escalable.	Capacidad de agregar o eliminar módulos según las necesidades del sistema.
	Interoperabilidad con otros sistemas.	Integración con sistemas de gestión empresarial (ERP) y sistemas de planificación de recursos.
	Personalización y adaptabilidad.	Capacidades de adaptación a diferentes entornos y requisitos de la industria.
	Adaptación a normativas y regulaciones.	Cumplimiento de estándares y regulaciones específicos de la industria. Monitorización y cumplimiento de los requisitos de ciberseguridad.

Cuadro 6: Palancas de valor seleccionadas.

Con todo y lo anterior, se realiza una nueva encuesta al mismo grupo poblacional de la fase 2, ya que se considera un grupo con la experticia suficiente para tener una opinión válida con fundamento. De este modo, se les indica que a cada una de las 10 palancas de valor seleccionadas anteriormente, asignaran una valoración al diseño dominante actual de sistemas SCADA locales, principalmente visto en la industria con el software Ignition. Para este caso, solo hubo respuesta por parte de 20 personas, sin embargo se considera una muestra poblacional suficiente para lograr un buen análisis de resultados. Dicho esto, en la figura 2 se identifica el diagrama radial determinado a partir de la encuesta.

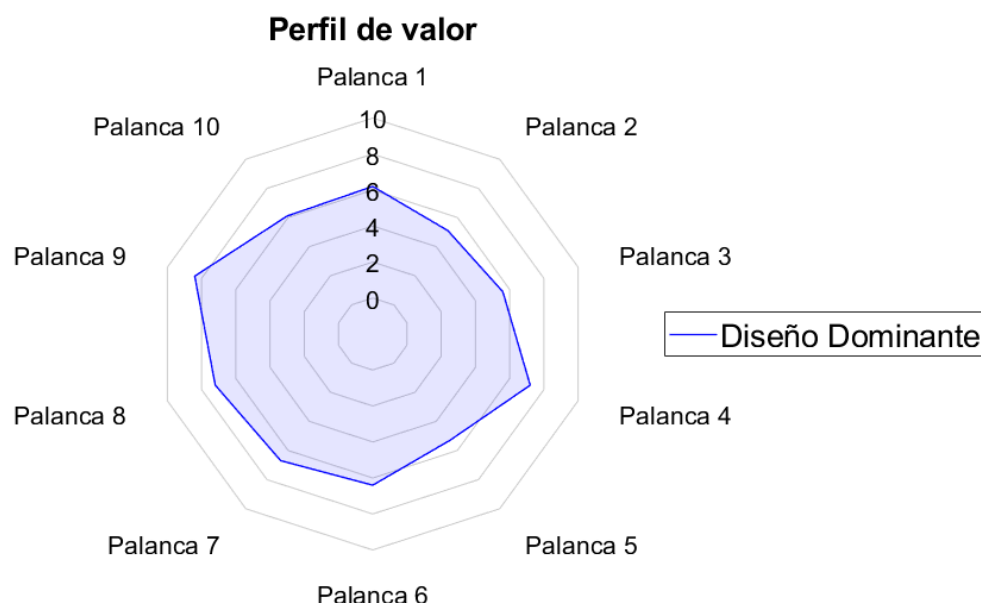


Figura 2: Perfil de valor diseño dominante

3.4. Propuesta de mejora de las Palancas de Valor

Realizando un análisis de las palancas de valor del diseño dominante actual, a continuación se identifica de cada palanca un análisis de posibilidad de mejora y o empeora a partir de la sondeos tecnológicos actuales.

- **Palanca 1:** Las empresas actuales no suelen tener como prioridad la optimización del consumo de energía de sus sistemas SCADA y el uso eficiente de estos recursos, sin embargo es un criterio clave ya que es un sistema en constante operación y que debe ser contemplado dentro de los gastos económicos. Para mejorar esto, la empresa debe reducir sus sistemas físicos de hardware que consuman energía eléctrica, ya sea implementando nuevas tecnologías locales, o contemplar realizar una migración de servidor local a uno en línea. Si este fuera el caso, el valor de esta palanca puede aumentar considerablemente, ya que casi que se eliminaría el consumo energético.
- **Palanca 2:** Las empresas actuales deben tener procesos de copias de seguridad periódicos y almacenamiento de datos. Sin embargo, es probable que estas copias sean de larga duración y que estén en sistemas físicos no seguros y vulnerables. Así, se puede mejorar el valor de palanca si se considera tener servidores locales secundarios o incluso implementar servidores virtuales en la nube, que permita configurar fácilmente las copias de seguridad y almacenamiento de datos.
- **Palanca 3:** Actualmente, si se tiene una falla catastrófica de los sistemas SCADA locales de las empresas, se deben realizar procesos de recuperación de muy alto costo y alta duración con empresas externas enfocadas en estos procesos, motivo por el cual queda expuesta la vulnerabilidad de estos sistemas en fallas catastróficas. La única manera de recuperar rápidamente estos sistemas es tener la capacidad de tener copias iguales o gemelos informáticos del sistema totalmente actualizado. Si esto se logra realizar, el valor de la palanca subiría sustancialmente.
- **Palanca 4:** Actualmente los sistemas locales tienen la posibilidad que los operarios logren

configurarlo de forma rápida sistemas de autodiagnóstico cuando sea necesario y autorreparación de componentes. El problema que esto conlleva es si la autorreparación debe contar con la asistencia técnica de un tercero el cual no haga parte del proceso regular de mantenimiento de la empresa. La propuesta de mejora es automatizar este procedimiento de autodiagnóstico y reparación mediante protocolos de análisis de sistemas y protocolos establecidos que permitan al operario contar con un apoyo a este sistema.

- **Palanca 5:** Dependiendo del tipo de sistema SCADA local implementado, va a ser considerablemente más difícil un diseño modular que permita agregar componentes o sustituir componentes, ya que esto va a depender de la interoperabilidad de los módulos implementados. Si se llegara a usar una tecnología de punta que permita garantizar sustituciones de componentes defectuosos con otros que no necesariamente sean los mismos, este valor de la palanca puede potenciarse, volviendo una debilidad del sistema en una fortaleza.
- **Palanca 6:** La resta o suma de módulos del sistema SCADA puede generar un problema si el back-end del sistema depende de uno o varios módulos que vayan a ser eliminados. De este modo, sería necesario implementar arquitecturas paralelas en los sistemas actuales que permita la computación independiente de procesos. Debido a la limitación tecnológica, o al menos a este nivel de negocios, no se considera fácilmente modificar este valor de palanca.
- **Palanca 7:** Muchos de los sistemas SCADA actuales no hacen parte de sistemas de gestión empresarial y sistema de planificación de recursos, principalmente porque estos hacen parte de otro nivel de la pirámide de la automatización vista en la norma ISA95. Ahora, si se fuera a romper el paradigma de esta pirámide usando tecnologías novedosas de comunicación de componentes de forma paralela e interoperables, sería posible generar la implementación de estos sistemas, mejorando considerablemente el valor de esta palanca.
- **Palanca 8:** Las industrias deben tener la capacidad de tener sistemas flexibles capaces de adaptarse al cambio constante de los requisitos de su negocio, sin embargo, esto suele implicar altos costos de operabilidad debido a la alta funcionalidad necesaria. De este modo, al enfocar sistemas multipropósito ya sean locales o nube, se lograría aumentar la facilidad de adaptación a la industria.
- **Palanca 9:** Actualmente los sistemas SCADA locales suelen estar regulados por estándares y normativas nacionales y globales, aunque cabe resaltar que debido a la facilidad de integración de otros sistemas, esto puede llegar a ponerse en duda. Ahora bien, este es un buen proceso el cual ha estado el suficiente tiempo como para tener regulaciones bien estructuradas. Si fuera a implementarse nuevas tecnologías emergentes que no han sido reguladas, el valor de esta palanca se disminuiría.
- **Palanca 10:** Cualquier sistema SCADA local suele tener problemas de vulnerabilidad a su red. A pesar de tener su propia red privada, el acceso de terceros suele ser bastante fácil de atacar mediante ataques cibernéticos. Debido a que las barreras de seguridad dependen de la inversión de las empresas a priorizar su seguridad, no suele priorizarse los requisitos de ciberseguridad. Si fuera a implementarse sistemas de terceros regulados por entidades de seguridad cibernéticas y atenerse a estas normativas, el valor de palanca se aumentaría considerablemente.

A partir de este análisis, en la figura 3 se identifican los valores a los cuales se podría elevar el valor de cada palanca.

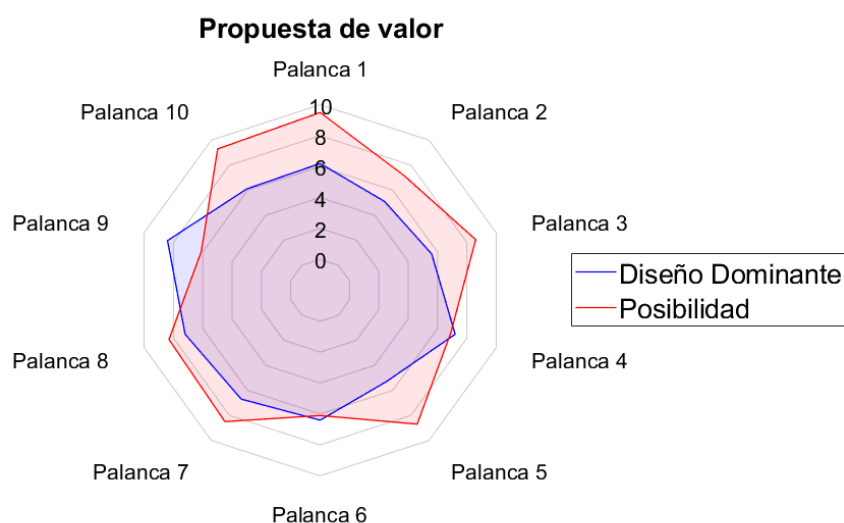


Figura 3: —Propuesta de valor de reto a diseño dominante

3.5. Análisis de la propuesta de valor

Con todo y lo anterior, es posible realizar un análisis de la propuesta de valor a partir de todos los estudios y resultados obtenidos hasta este punto. Viendo la figura 3, es evidente la mejora de la mayoría de las valoraciones de las palancas de valor con respecto al diseño dominante retado. Ahora bien, cabe resaltar que en numeral anterior se realiza una mención de si cada palanca es posible mejorarla y mediante la implementación de qué cambios puntuales, motivo por el cual, si se evidencia una mejora de la palanca, es porque esta es de carácter realizable con base a las tecnologías actuales disponibles. De este modo, la mayoría de palancas se logra identificar que la implementación de un sistema SCADA en la nube, donde tenga mejores parámetros de ciberseguridad, consumo de energía, respaldo de información, reparación, integración de sistemas externos y flexibilidad de adaptación a las necesidades de la industria. De este modo, se concluye que es posible retar efectivamente el diseño dominante presente para los sistemas SCADA de la industria colombiana.

Como apoyo a esta declaración, se realiza una entrevista e dos expertos en el área. El primero es el profesor Eduardo Barrera Gualdron, Líder de Curso de la UNAL: SCADA y Controladores Industriales y Director del Diplomado Industria 4.0 aplicada a la Automatización. Se le cuestiona cuál es el valor agregado que le da este SCADA nube para las MIPyMEs colombianas que permita una transición viable en la industria. Su respuesta fué la siguiente:

El valor agregado de colocar SCADA o cualquier nivel de la pirámide en la nube en la automatización implica poder tener los datos en proveedores cloud y usar fuertes servicios de IA como son predicción y tendencias, por otro lado implica que la información esta guardada de forma confiable, ya que de manera local es susceptible a que si se daña la máquina se pierde la información.

Por último, la Pymes que usan la nube van a empezar a dar ese primer paso tecnológico, de los muchos que vienen, si no lo hacen ahora se quedarán rezagados por los que al menos lo están intentando.

Con base a esta respuesta, se desea obtener un poco más de la percepción de la posibilidad de retar al diseño dominante de SCADA local liderado por Ignition. De este modo, se remite a David González

C. , Director de Proyectos de Rockwell Automation Colombia:

Node-RED ha mejorado bastante estos últimos años. Ahora es capaz de competir con otros softwares como Ignition para realizar sistemas SCADA, donde la facilidad de implementación en la nube es un valor agregado que supera a los demás.

Por último, se le pregunta a David si la industria colombiana está preparada para una transición de automatización de las plantas de operación de procesos industriales, donde establece que:

Actualmente, la industria colombiana aún está en la etapa de operación manual de las plantas industriales. Lo ideal sería que logremos llegar a esta transición tecnológica en el futuro cercano.

Para finalizar este análisis se puede establecer que la implementación de un sistema SCADA en la nube puede mejorar significativamente las valoraciones de las palancas de valor en comparación con el diseño dominante actual.

Además, la posibilidad de retar al diseño dominante liderado por Ignition se ve respaldada por la percepción de expertos en el área, quienes destacan los beneficios de la implementación en la nube, como el acceso a servicios de inteligencia artificial, mayor confiabilidad de la información y facilidad de implementación.

Las MIPyMES colombianas tienen un arduo camino por recorrer, sin embargo, aunque la industria colombiana todavía se encuentra en una etapa de operación manual en las plantas industriales, se reconoce la importancia de avanzar hacia la transición tecnológica en el futuro cercano para no ampliar el rezago tecnológico que Colombia tiene con los países industrializados, con el fin de poder competir con ellos en igualdad de condiciones mediante la implementación de las nuevas tecnologías de la industria 4.0.

3.6. Requerimientos tecnológicos

La implementación de un sistema en la nube implica abarcar aspectos clave como la computación en la nube, que proporciona recursos y servicios a través de internet. Asimismo, se requieren tecnologías de almacenamiento en la nube, como el almacenamiento distribuido y escalable, que permiten el almacenamiento y acceso eficiente a los datos. Además, es necesario contar con bases de datos en la nube, para el almacenamiento y procesamiento óptimo de la información.

La conectividad entre los componentes del sistema en la nube se logra a través de tecnologías de redes y comunicaciones, que incluyen redes virtuales y seguridad de red. La automatización y orquestación también son fundamentales, utilizando herramientas y tecnologías que permitan gestionar y coordinar la implementación, configuración y monitoreo de los recursos y servicios en la nube. La seguridad en la nube es otro aspecto crucial, involucrando tecnologías y prácticas como el cifrado de datos, la autenticación y autorización, la gestión de identidad y acceso, y el monitoreo de seguridad y detección de amenazas. Por último, la integración de sistemas se logra mediante tecnologías y estándares como los servicios web, facilitando la comunicación y el intercambio de datos entre sistemas y servicios en la nube.

Con todo y lo anterior, a continuación se presentan 10 tecnologías que son ampliamente utilizadas para la implementación de sistemas SCADA en la nube:

1. Computación en la nube (cloud computing)
2. Internet de las cosas (IoT)

3. Virtualización de servidores
4. Protocolos de comunicación como MQTT, OPC-UA, Modbus TCP/IP
5. Big Data y análisis de datos
6. Machine Learning e Inteligencia Artificial
7. Seguridad de la información y ciberseguridad
8. Plataformas de desarrollo y visualización en la nube
9. Servicios de almacenamiento y bases de datos en la nube
10. Integración de APIs y servicios web para la interconexión de sistemas y aplicaciones.

A partir de estas tecnologías, se han venido utilizando fuertemente los siguientes softwares de esta índole:

- Node-RED
- OpenHAB
- Microsoft Azure
- Amazon Web Services (AWS)
- IBW Watson
- Tensorflow
- Google Cloud
- Oracle Cloud
- Docker

Y muchos más que son implementables para esta área y que están generando la transición tecnológica a sistemas nube con base a la modernización e tecnologías de la industria 4.0.

3.7. Propuesta de parámetros de diseño

1. Optimización del consumo de energía y uso eficiente de los recursos:

- Eficiencia energética (medida en porcentaje de reducción del consumo de energía).
- Uso de recursos renovables (porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables).
- Reducción de residuos y emisiones (porcentaje de disminución de residuos y emisiones contaminantes).

2. Copias de seguridad periódicas y almacenamiento seguro de datos:

- Tiempo de recuperación de datos (medido en horas o minutos).
- Nivel de redundancia (cantidad de copias de seguridad almacenadas).
- Seguridad de datos (medida en estándares de encriptación y protocolos de seguridad utilizados).

3. Procedimientos de recuperación de desastres para restaurar rápidamente el sistema en caso de fallos catastróficos:

- Tiempo de recuperación del sistema (medido en horas o minutos).
- Nivel de redundancia y replicación de datos (garantía de disponibilidad del sistema).
- Eficiencia de los procedimientos de recuperación (tiempo y recursos necesarios para restaurar el sistema).

4. Capacidad de autodiagnóstico y autoreparación de componentes:

- Tiempo de detección de fallas (medido en minutos o segundos).
- Porcentaje de componentes autoreparados exitosamente.
- Eficiencia del autodiagnóstico (capacidad de identificar la causa raíz de las fallas).

5. Diseño modular que permite la sustitución rápida y sencilla de componentes defectuosos:

- Tiempo de sustitución de componentes (medido en minutos o segundos).
- Nivel de estandarización de interfaces y protocolos de comunicación.
- Facilidad de acceso y desmontaje de los componentes defectuosos.

6. Capacidad de agregar o eliminar módulos según las necesidades del sistema:

- Tiempo de integración de nuevos módulos (medido en horas o días).
- Flexibilidad del sistema para adaptarse a diferentes tipos de módulos.
- Facilidad de configuración y personalización del sistema según los módulos añadidos o eliminados.

7. Integración con sistemas de gestión empresarial (ERP) y sistemas de planificación de recursos:

- Nivel de interoperabilidad con sistemas existentes (compatibilidad de datos y procesos).
- Facilidad de integración con interfaces y protocolos estándar utilizados en el entorno empresarial.
- Eficiencia en la sincronización y actualización de datos entre el sistema SCADA y los sistemas de gestión empresarial.

8. Capacidades de adaptación a diferentes entornos y requisitos de la industria:

- Flexibilidad para configurar el sistema según los requisitos específicos de cada industria.
- Adaptabilidad a diferentes entornos de operación (temperatura, humedad, presión, etc.).
- Cumplimiento de estándares y regulaciones específicos de la industria objetivo.

9. Cumplimiento de estándares y regulaciones específicos de la industria:

- Cumplimiento de normativas y estándares de seguridad, calidad y eficiencia establecidos en la industria objetivo.
- Certificaciones y validaciones de cumplimiento con estándares reconocidos en la industria.

- Seguimiento y actualización de los requisitos normativos y estándares relevantes.

Monitorización y cumplimiento de los requisitos de ciberseguridad:

- Nivel de detección y prevención de intrusiones en el sistema.
- Capacidad de autenticación y autorización seguras.
- Mantenimiento regular de actualizaciones de seguridad y parches de software.

Referencias

- [1] PwC. (2016). Industry 4.0: Building your digital enterprise. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- [2] Cámara de Comercio de Bogotá. (2019). El camino hacia la industria 4.0 en Colombia. <https://www.ccb.org.co/Clusters-y-Redes/Clusters/Cluster-de-Tecnologias-de-la-Informacion-y-la-Comunicacion/Documentos/El-camino-hacia-la-Industria-4-0-en-Colombia.pdf>
- [3] ANIF. (2017). Retos y oportunidades de las MiPyMEs. Recuperado el 02 de mayo de 2023, de <https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-MiPyMEs/>
- [4] ¿Qué es el internet de las cosas (IOT)? ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? — Oracle México. (n.d.). Retrieved May 1, 2023, from <https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/>
- [5] Paloma Recuero de los Santos Especialista en generación de contenidos tecnológicos para los canales digitales de Telefónica Tech AI of Things. Licenciada en Ciencias Físicas y Máster en Tecnología Educativa. Apasionada por las “tecnologías para la , las que nos hacen la vida más fácil (que no son todas) y por la pedagogía. (2021, June 25). Breve historia de Internet de las Cosas (IOT). Think Big. Retrieved May 1, 2023, from <https://empresas.blogthinkbig.com/breve-historia-de-internet-de-las-cosas-iot/>
- [6] Internet de las cosas en colombia, Una Oportunidad Para Crecer. Últimas noticias Geinsys. (2021, June 24). Retrieved May 1, 2023, from <https://blog.geinsys.com/internet-de-las-cosas-en-colombia-una-oportunidad-para-crecer/>
- [7] David. (n.d.). Lácteos Alpina. Lácteos Alpina - Los Precios. Retrieved May 1, 2023, from <https://losprecios.co/alpinam/bebidas/l%C3%A1cteos%14>
- [8] INMOTION group — linkedin. (n.d.). Retrieved May 1, 2023, from <https://co.linkedin.com/company/inmotiongroup>
- [9] Cuart (Espacios Digitales IOT Sup '21 - growth2) — linkedin. (n.d.). Retrieved May 1, 2023, from <https://co.linkedin.com/company/cuart> Polo, A. (2021, November 4).
- [10] El Uso de Internet de las Cosas (IOT) en la agricultura en Colombia. INRED. Retrieved May 1, 2023, from <https://inred.com.co/blog/portafolio-inred/el-uso-de-internet-de-las-cosas-iot-en-la-agricultura-en-colombia/>

- [11] Bancolombia. (n.d.). Internet de las cosas: ¿cómo lo ha adoptado Colombia? Bancolombia. Retrieved May 1, 2023, from <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/tendencias/innovacion/iot-como-lo-ha-adoptado-colombia>
- [12] Barrera Gualdron, E. (2023). Introducción al curso SCADA y CI [Presentación de PowerPoint].
- [13] Barrera Gualdron, E. (2023). Diapositivas pirámide de la AUT [Presentación de PowerPoint].
- [14] LabFabEx. (2020). PRIA
- [15] Niño, E., Allain, J. P., Montoya, J. A., Mejía, J. L. (2020). Misión Internacional de Sabios 2019. from <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombiaylanuevarevolucion.pdf>.
- [16] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [17] Departamento Nacional de Planeación. (2003). Plan de Desarrollo Nacional 2002-2006. from <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd.pdf>
- [18] Departamento Nacional de Planeación. (2015). Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018. from <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd>
- [19] Gobierno Nacional de Colombia. (10 de Mayo de 2021). Informe de Gestión: Sector Comercio, Industria y Turismo 2018-2021. from <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/documentos-noticias/informe-de-gestion-sectorcit-2018-2021-10may2021.aspx>
- [20] Consejo Nacional de Planeación. (2023). Conceptos sobre las bases del Plan Nacional . from <https://www.cnp.gov.co/Documents/Concepto20CNP>
- [21] Eduardo Barrera Gualdron. Martes 6 de junio de 2023
- [22] David González C. Martes 6 de junio de 2023