

Diseño de una herramienta tecnológica para la selección de interruptores de presión industriales

Alfredo Reyes Loera¹ y Raúl Roberto Muñoz Chávez²

¹ Posgrado CIATEQ, A.C. Aguascalientes, Ags., México C.P. 20358, tel +524499731060, a.reyes570@gmail.com

² CIATEQ, A.C. Centro de Tecnología Avanzada en Querétaro, México, raul.munoz@ciateq.mx

Resumen

En un mundo industrial en constante evolución y competitividad, adaptarse a los cambios y aprovechar las oportunidades de negocio es fundamental. Este proyecto se centra en la creación de una propuesta de herramienta tecnológica innovadora para simplificar y mejorar la selección de interruptores de presión industriales en la unidad de negocio de soluciones industriales de la empresa "Soluciones Tecnológicas". Esta herramienta busca optimizar la generación de propuestas de productos listos-para-usar de la gama de interruptores de presión industriales, permitiendo a su vez una transferencia de conocimiento efectiva y perdurable a medida que cambian los miembros clave del equipo. La herramienta tecnológica desarrollada mediante Macros de Excel se basa en la consolidación del conocimiento técnico para una selección de componentes precisa y una generación eficiente de propuestas de productos-listos-para-usar. Esto no solo mejora la eficiencia interna de la unidad de negocio de Soluciones Industriales, sino que también sienta las bases para una posible expansión de la tecnología a otras áreas, contribuyendo así a la optimización de procesos y eficiencia operativa en las diversas unidades de negocio dentro de la empresa.

Palabras clave — Interruptores de presión, herramienta tecnológica, productos de estantería.

Abstract

In an ever evolving and competitive industrial world, adapting to changes and seizing business opportunities is crucial. This project focuses on the design of an innovative technological tool to simplify and enhance the selection of industrial pressure switches in the industrial solutions business unit of the company "Soluciones Tecnológicas". This tool aims to optimize the proposal generation of off-the-shelf products for the range of Industrial Pressure Switches, while additionally, enabling effective and enduring knowledge transfer as key team members change. The technological tool developed with Excel Macros for this project is based on consolidating technical knowledge for precise component selection and efficient generation of off-the-shelf product proposals for the Industrial Pressure Switches families. This not only improves the internal efficiency of the Industrial Solutions business unit but also lays the foundation for possible technology expansion into other areas, thereby contributing to process optimization and operational efficiency across various business units within the company.

Keywords — Pressure switches, technological tool, off-the-shelf products.

I. INTRODUCCIÓN

En el actual mundo de los negocios, caracterizado por el constante cambio y la adaptación, las empresas, especialmente aquellas dedicadas al diseño y manufactura de tecnología como sensores y componentes electrónicos, enfrentan desafíos significativos debido a la rápida evolución tecnológica y la revolución de las tecnologías de información. Esto ha reducido los márgenes de negocio y ha exigido a las empresas fortalecerse internamente para mantenerse competitivas. Como resultado, se ha identificado una oportunidad para desarrollar una herramienta tecnológica que genere documentación técnica detallada y accesible de productos, en particular para los productos listos-para-usarse ("Off-the-shelf") por su término en inglés, permitiendo la transferencia de conocimiento de manera transparente y duradera, incluso ante cambios en el personal clave.

Para el desarrollo del presente proyecto se tomó como caso de estudio la unidad de negocio de "Soluciones Industriales" dentro de una empresa del sector tecnológico, dedicada al diseño y manufactura de interruptores, componentes de protección eléctrica y soluciones en sensores para la industria automotriz, aeronáutica e industria en general con sede en el

Estado de Aguascalientes, México. La cual se denominará como "Soluciones Tecnológicas" en el marco de este proyecto, a fin de preservar su información confidencial.

Para brindar una atención personalizada a los distintos clientes y brindar mejores soluciones, la empresa implementa un proceso de desarrollo de producto en el que cuando se identifica una nueva oportunidad de negocio, "NBO" (New Business Opportunity) por sus siglas en inglés, se ofrecen opciones de personalización para generar nuevos números de parte a partir de modelos previamente diseñados y disponibles para manufacturar, dentro del catálogo de números de parte activos. Dicho proceso resultó ser ineficiente y propenso a errores a la hora de seleccionar y asignar nuevos números de parte para los dispositivos de Protección de Presión Industrial "IPS", por desarrollarse de forma manual y por dependerse únicamente de los conocimientos técnicos y de la experiencia del ingeniero de diseño, es decir, del conocimiento "tácito".

Por consecuencia, el presente proyecto plantea como objetivo principal diseñar una herramienta tecnológica capaz de realizar una selección adecuada de interruptores de presión a partir de las preferencias del usuario, el tipo de aplicación y las características generales que se desean tener en el interruptor, y de generar nuevas propuestas de productos listos para usar en

función de los requerimientos de las nuevas oportunidades de negocio.

Mediante el uso de dicha herramienta tecnológica se espera mejorar la eficiencia y la calidad en el proceso de generación de propuestas de productos-listos-para-usar para atender las nuevas oportunidades de negocio, minimizar los errores de selección que pueden surgir debido a la falta de conocimiento o la interpretación incorrecta de las especificaciones técnicas y mejorar el proceso de transferencia de conocimiento técnico entre los miembros del equipo.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A. Principio de Funcionamiento del Interruptor de Presión

Los dispositivos analizados para el propósito de este proyecto son las distintas familias de Interruptores de presión dentro de la gama de Soluciones Industriales de la empresa. Partiendo de lo básico para entender su funcionamiento, como lo definen Cengel y Boles “La presión se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Hablamos de presión solo cuando se trata de un gas o un líquido. El equivalente de la presión en los sólidos es el estrés normal. Dado que la presión se define como la fuerza por unidad de área, su unidad es el newton por metro cuadrado ($\frac{N}{m^2}$), que se llama pascal (Pa)” [1]. Como lo describe Perino: “Los interruptores de presión se dividen en las dos clases generales de mecánica y electrónica. La principal diferencia radica en el método para obtener la función del interruptor. El enfoque mecánico ha sido el diseño convencional utilizado para la mayoría de las aplicaciones consta de un diafragma, un fuelle o un elemento similar que se desplaza como resultado de la presión aplicada y, en última instancia, acciona un interruptor eléctrico a una presión discreta.” Asimismo, utilizando el mismo principio fundamental descrito por Perino, los interruptores de presión de la empresa utilizan discos de presión de acero inoxidable prensados, estos se deforman cuando se les aplica presión hasta que se pandean y cambian su forma de cóncava a convexa y transfieren el movimiento a través de un pin cerámico que abre o cierra los contactos eléctricos según la configuración del interruptor [2].

B. Herramientas Tecnológicas

Descrito por Turban, Volonino y Wood: “Una herramienta tecnológica se refiere a una aplicación o recurso basado en tecnología que mejora la eficiencia y precisión en la realización de tareas específicas” [3]. En este caso, la implementación de una herramienta tecnológica busca agilizar y optimizar el proceso actual de “NBO” de manera que su incorporación en distintas partes del proceso actual nos ayude tanto a hacer propuestas de productos-listos-para-usar más precisas en menor tiempo como a reducir los costos relacionados al retrabajo [4], [5].

C. Metodologías para la Toma de Decisiones

Una vez que hemos identificado el área de oportunidad dentro del proceso actual de “NBO”, para el desarrollo de la

herramienta tecnológica, es necesario tener en claro de una forma estandarizada y debidamente documentada los criterios de selección que seguiremos durante el proceso. Para esto, se tomó como base el Método de selección del concepto de Pugh propuesto por Pyzdek y Keller, en su libro “The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels”. “El enfoque de Pugh utiliza un diagrama de matriz simple para comparar conceptos alternativos (Tabla I). Un concepto se denomina “línea de base” y todos los demás se evalúan en relación con la línea de base en un diagrama de matriz simple.” [6].

TABLA
MATRIZ DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS DE PUGH. [4].

Pugh Concept Selection Matrix Comparison Criteria	Baseline	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	Concept 6	Concept 7
Criterion 1	S	+	S					
Criterion 2	S	S	-					
Criterion n	S							
Total +s	0	1	0					
Total -s	0	0	1					

Compare current with selected alternatives + = Better Alternative, - = Worse Alternative, S = Same as Baseline

D. Transferencia del Conocimiento Técnico

La implementación de este proyecto brinda un beneficio adicional al facilitar significativamente la transferencia del conocimiento técnico del producto. Actualmente, este conocimiento se adquiere principalmente a través de la experiencia personal, lo cual resulta problemático en casos de rotación de personal, ya que la información no suele ser documentada. De acuerdo con el artículo “La Empresa Creadora de Conocimiento” de Ikujiro Nonaka, existen dos tipos de conocimiento:

- Conocimiento tácito: se refiere al conocimiento personal e individual que es difícil de expresar o transmitir de manera formal. Es una forma de conocimiento arraigado en la experiencia, la intuición y las habilidades prácticas de las personas [7].
- Conocimiento explícito: se puede codificar y comunicar de manera formal mediante palabras, símbolos, modelos y otras formas de representación. Es un conocimiento que se puede transmitir y compartir de manera más directa y sistemática [7].

Nonaka destaca la importancia de convertir el conocimiento tácito en explícito dentro de las organizaciones. Esta perspectiva se alinea estrechamente con la propuesta de la herramienta tecnológica en este proyecto, la cual busca facilitar la transferencia del conocimiento técnico del producto. Al proporcionar un medio estructurado y centralizado para capturar, documentar y compartir el conocimiento, la herramienta permitirá convertir el conocimiento tácito adquirido a través de la experiencia personal en conocimiento explícito accesible para todo el equipo. De esta manera, se evita la pérdida de información valiosa durante la rotación de personal y se fomenta la colaboración y el aprendizaje continuo

en la organización, en línea con la visión de Nonaka sobre la creación de conocimiento en las empresas [7], [8].

III. DESARROLLO

A. Diseño de la Propuesta de Herramienta Tecnológica

Después de una ardua investigación, habiendo revisado la documentación interna y consultado con los ingenieros del departamento de soluciones industriales, se consolidó la documentación técnica de producto de las distintas familias de interruptores de presión que se seleccionaron para efectos de este proyecto en una tabla comparativa (Tabla II). A partir de dicha tabla comparativa, el equipo de ingeniería de diseño se reunió para identificar cuáles eran las características críticas para los interruptores y cuáles eran los diferenciadores entre cada una de las familias seleccionadas para este proyecto. Logrando así transformar efectivamente el conocimiento “tácito” del producto, el cual residía en documentación dispersa y en la experiencia de cada ingeniero, en “explicito”, el cual quedó plasmado en un único documento accesible para las siguientes generaciones de ingenieros.

Tabla I
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE LAS FAMILIAS DE INTERRUPTORES DE PRESIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

Familia	Rango de Presión	Tipo de mecanismo de reinicio	Tipo de Encapsulado	Opciones de conexión de presión	Número de Polos	Lógica de Operación	Parámetros Eléctricos	Vida útil (Ciclos a corriente nominal)
PS80	0-750 PSI	Automático	Ventado (P60)	Tubo Soldado o Racor roscado	SPST	Normalmente Cerrado o Normalmente abierto	3.0 A @ 28 VDC 6.0 A @ 120 VAC	100k
20PS	0-750 PSI	Automático	Sellado (P67)	Tubo Soldado o Racor roscado	SPST	Normalmente Cerrado o Normalmente abierto	400 mA @ 28 VDC 5.8 A @ 120 VAC 2.9 A @ 240 VAC	100k
25PS	0-750 PSI	Automático	Ventado (P60)	Tubo Soldado o Racor roscado	SPST o SPDT	Normalmente Cerrado o Normalmente abierto	5.0 A @ 28 VDC 13 A @ 120 VAC 10 A @ 240 VAC	100k
29PS	200-750 PSI	Manual	Sellado (P67)	Tubo Soldado o Racor roscado	SPST	Normalmente Cerrado o Normalmente abierto	2.0 A @ 28 VDC 6.0 A @ 120 VAC 5.8 A @ 120 VAC	10k
36PS	0-500 PSI	Automático	Sellado (P67)	Tubo Soldado o Racor roscado	SPST	Normalmente Cerrado o Normalmente abierto	2.0 A @ 28 VDC 5.8 A @ 120 VAC 2.9 A @ 240 VAC	1M

El siguiente paso para poder desarrollar la herramienta tecnológica fue definir el criterio de selección que posteriormente constituiría la lógica del diagrama de flujo. Para hacer esto, se aplicó la metodología de Pugh para la comparación de criterios a través de la matriz que se muestra en la Tabla III.

Tabla II
MATRIZ DE PUGH PARA LA COMPARACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE FAMILIAS DE INTERRUPTORES DE PRESIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

Matriz de Pugh para la Comparación de Criterios	(Base) PS80	20PS	25PS	29PS	36PS
Rango de Presión	S	S	S	N/A	+
Tipo de Reinicio	S	S	S	-	S
Tipo de encapsulado	S	+	S	+	+
Opciones de conexión de presión	S	S	S	S	S
Número de Polos	S	S	+	S	S
Lógica del Interruptor	S	S	S	N/A	S
Parámetros Eléctricos	S	N/A	N/A	N/A	N/A
Vida útil (Ciclos en corriente nominal)	S	S	S	-	+
“+” Totales	0	1	1	1	3
“-” Totales	0	0	0	2	0

Compara las características del modelo de referencia con el resto. Siendo “+” = Mejor desempeño, “-” = Menor desempeño, “S” = Mismo desempeño y “N/A” = No hay elementos suficientes para evaluar.

En consecuencia, las características que si resultaron ser determinantes fueron el tipo de reinicio, la vida útil, el tipo de encapsulado y el número de polos. Por lo que una vez definidos los criterios de selección, el siguiente paso fue construir la lógica que nos guiaría para hacer una correcta selección de la familia de interruptores de presión. Para esto, se formuló un diagrama de flujo (Fig. 1) basado en preguntas clave que nos ayudarán a ir descartando una a una las familias de interruptores de presión hasta que el usuario obtenga la más adecuada para las necesidades de su aplicación.

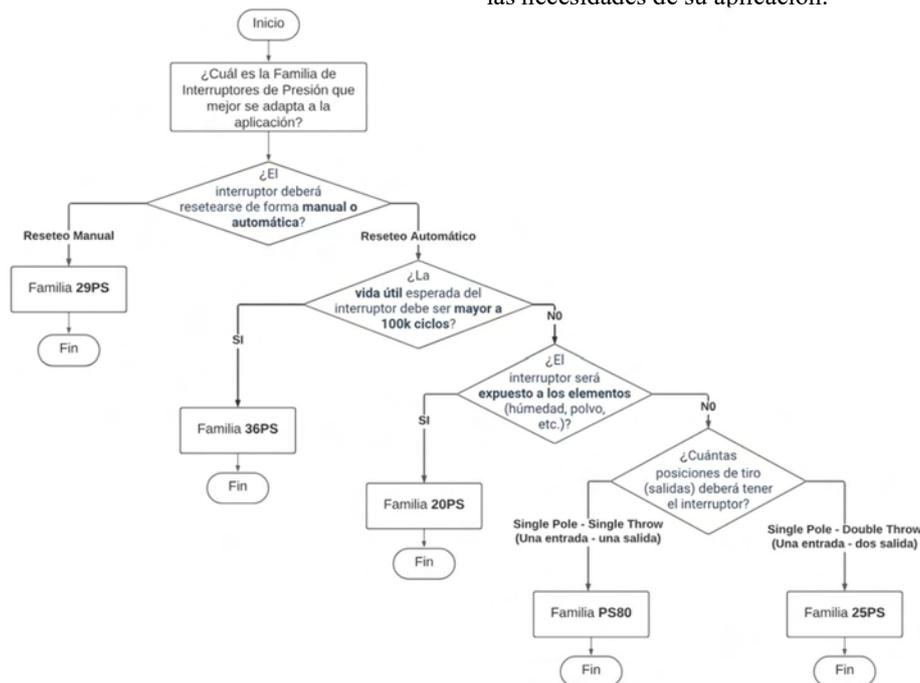


Fig. 1 Diagrama de selección de familias de interruptores de presión. Elaboración Propia.

Como último paso, se diseñó la propuesta de herramienta tecnológica la cual se estructurará en cuatro módulos, cada uno de los cuales ofrecerá al usuario la capacidad de llevar a cabo las siguientes operaciones:

1. Selector de Familias: Ayuda al usuario a identificar la familia de interruptores de presión ideal para cumplir con los requerimientos específicos de su aplicación.
2. Cuestionario de Aplicación: Sirve como una guía al usuario para proporcionar toda la información relevante para su aplicación.
3. Generador de Propuestas: Utiliza los requerimientos del usuario para generar una propuesta de productos de estantería.
4. Configurador de piezas: Si ya se conocen los requerimientos del interruptor deseado, esta herramienta permita al usuario obtener directamente una previsualización del interruptor de presión.

B. Evaluación de las Opciones de Implementación

Para poder llevar la propuesta de herramienta tecnológica hasta su implementación se identificaron dos opciones para desarrollarla. La primera alternativa de implementación implicaba la colaboración con el departamento de Tecnología de la Información (TI) para desarrollar una aplicación web personalizada. En contraposición, la segunda opción podría ser llevada a cabo directamente por el equipo de ingeniería de diseño utilizando conocimientos básicos de Macros de Microsoft Excel. A fin de evaluar cuál de las dos opciones era la más óptima, se consideraron diferentes variables tanto cuantitativas como cualitativas para tomar la decisión final.

Variables cuantitativas:

- Costo Inicial de Desarrollo: El gasto inicial necesario para poner en marcha cada una de las opciones. Para el desarrollo de la aplicación web se consideró una inversión inicial de \$20,000.00 MXN destinada a la adquisición de una máquina o servidor dedicado físico para alojar y ejecutar la aplicación. Además, este monto contempla también un costo proporcional para poder utilizar las tecnologías con las que se desarrollará la aplicación como Java, Spring Boot y Java Server Faces. Por otro lado, una de las ventajas principales del desarrollo mediante Macros es que el software de Microsoft Excel ya forma parte de la suite de programas corporativos aprobados para todos los colaboradores de la empresa. Por lo tanto, la utilización de dicho programa para el desarrollo de la aplicación no supondría ningún costo adicional.

- Costos de Mano de Obra: Los costos asociados con el trabajo del personal de TI o del ingeniero de diseño que desarrollará y dará mantenimiento la herramienta.

- Tiempo de Desarrollo: El tiempo necesario para completar el desarrollo de cada opción. De acuerdo con lo que se consultó con el departamento de TI, desarrollar la aplicación web les tomaría en promedio 3 semanas. Por otro lado, a un ingeniero de diseño del departamento de Soluciones Industriales le tomaría en promedio 6 semanas desarrollar la aplicación mediante Macros.

- Costos de Mantenimiento: Incluye los gastos continuos necesarios para mantener y actualizar la herramienta periódicamente.

Variables cualitativas:

- Flexibilidad: Considera cuán fácilmente cada opción puede adaptarse a cambios en los requisitos según las necesidades futuras de la empresa. La ventaja de optar por un desarrollo web sería que el usuario podría gozar el servicio simplemente accediendo a una dirección URL desde la red de la empresa. Y en caso de que la aplicación tenga alguna actualización, el usuario podrá enterarse de las mismas de manera inmediata. Por otro lado, una aplicación por medio de Macros si requiere que el usuario tenga instalado el software de Microsoft Excel y también los complementos de Macros necesarios.

- Factibilidad Técnica: Analiza si cada opción es técnicamente viable dadas las capacidades y recursos disponibles. En este aspecto el desarrollo mediante Macros sería la mejor opción para la empresa, ya que al momento de desarrollar este proyecto el departamento de TI carecía del personal necesario para poder llevar a cabo el desarrollo web. Mientras que para el desarrollo mediante Macros el ingeniero de diseño sería capaz de llevarlo a cabo como parte de sus tareas ordinarias.

- Cumplimiento Normativo: Asegura que cada opción cumpla con las regulaciones y estándares pertinentes de la empresa para que se autorice su implementación. Esto representa la dificultad principal para el desarrollo web, ya que en los últimos años la empresa ha disminuido el presupuesto global que destina para trabajar en este tipo de proyectos y se ha optado más por contratar software estándar de terceros. Mientras que una de las ventajas de optar por el desarrollo mediante Macros es que al ser un desarrollo interno, únicamente se deben alinear las prioridades con el equipo de trabajo del departamento de Soluciones Industriales, lo cual facilitaría en gran medida la implementación del proyecto.

TABLA III
COMPARACIÓN FINANCIERA ENTRE OPCIONES DE DESARROLLO
ELABORACIÓN PROPIA

Costos	Aplicación Web	Macros de Excel
<i>Inversión Inicial</i>	\$ 20,000.00	\$ -
<i>Mano de Obra</i>	\$ 18,333.00	\$ 15,000.00
<i>Mantenimiento</i>	\$ 6,111.00	\$ 2,500.00
<i>Total</i>	\$ 44,444.00	\$ 17,500.00

Como puede observarse en la Tabla IV, claramente el optar por un desarrollo mediante Macros representaría la opción más económica. Aunado a eso, tomando en cuenta los factores cualitativos previamente mencionados se determinó que definitivamente la mejor opción para desarrollar la herramienta tecnológica para seleccionar interruptores de presión industriales era mediante Macros de Excel.

IV. RESULTADOS

Con ayuda de Macros de Microsoft Excel se desarrolló una versión de prueba de la herramienta tecnológica propuesta con el objetivo de evaluar el funcionamiento de la misma. A continuación, se presentan las capturas de pantalla en las que se podrá apreciar la interfaz de usuario de la herramienta tecnológica. En la Fig. 2 se podrá apreciar la pantalla de inicio y posteriormente en las Fig. 3-6 cada uno de los cuatro módulos descritos en la sección anterior.

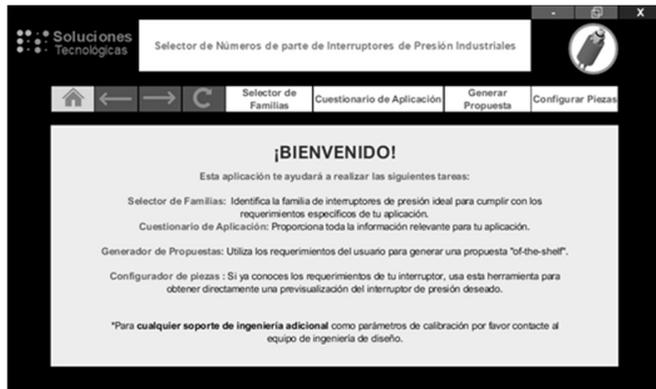


Fig. 2 Pantalla de inicio de la versión de prueba de la herramienta tecnológica. Elaboración Propia



Fig. 3 Módulo 1: Selector de familias. Elaboración Propia.



Fig. 4 Módulo 2: Cuestionario de aplicación. Elaboración Propia.



Fig. 5 Módulo 3: Generador de propuestas. Elaboración Propia.



Fig. 6 Módulo 4: Configurador de piezas. Elaboración Propia.

A. Análisis Cuantitativo del Funcionamiento de la Herramienta

Con el objetivo de evaluar el funcionamiento de la herramienta, se llevó a cabo un ejercicio en el que se tomó como referencia una oportunidad de negocio que llegó al equipo de Soluciones Industriales durante el año 2022 y se pidió a dos ingenieros de diseño que trabajaran en una propuesta de productos-listos-para-usar para satisfacer los requerimientos de dicha oportunidad de negocio como si ésta estuviera llegando por primera vez. Cada uno de los ingenieros debía trabajar en su propuesta de manera individual, pero ambos debían de proporcionar los siguientes entregables: 1. Evidencias de la revisión realizada a los requerimientos de la oportunidad de negocio y los cálculos o anotaciones necesarios para generar la propuesta de interruptor de presión. 2. Documento con la propuesta final de productos de estantería. 3. Modelo 3D en formato .STEP del interruptor de presión seleccionado.

Uno de los ingenieros trabajó en su propuesta siguiendo el método tradicional, sin utilizar la herramienta. Mientras que el segundo ingeniero, tuvo a su disposición la versión de prueba de la herramienta tecnológica para trabajar en su propuesta. Al final del ejercicio ambos ingenieros llegaron al resultado esperado, pero hubo una gran diferencia en cuánto al tiempo que le tomó a cada uno entregar la documentación requerida y también en cuanto a la calidad de esta. Siendo que el ingeniero que tuvo a su disposición la herramienta tecnológica fue capaz de generar su propuesta en tan solo 3 horas, tomando en cuenta el tiempo en el que realizó el análisis inicial de los requerimientos y también el tiempo en el que se le entrenó en el uso de la herramienta tecnológica. En contraste, el ingeniero que siguió el método tradicional tardó poco más de 6 horas en

poder entregar su propuesta, a pesar de que ambos ingenieros tenían un nivel de conocimiento técnico sobre los interruptores de presión industriales similar.

B. Análisis Cualitativo del Funcionamiento de la Herramienta

En el marco de este proyecto, para evaluar la funcionalidad de la herramienta tecnológica y su impacto en el proceso de “NBO” para el departamento de Soluciones Industriales; adicional al ejercicio descrito en la sección anterior, se llevó a cabo en conjunto con todo el equipo de Soluciones Industriales un análisis FODA, que examina las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del proceso para generar propuestas de productos-listos-para-usar. Para el primer caso, nos enfocamos en el proceso utilizado previamente por la empresa, el cual se llevaba a cabo de forma manual, sin apoyarse de ninguna herramienta tecnológica, el cual se aborda en la Fig. 7.

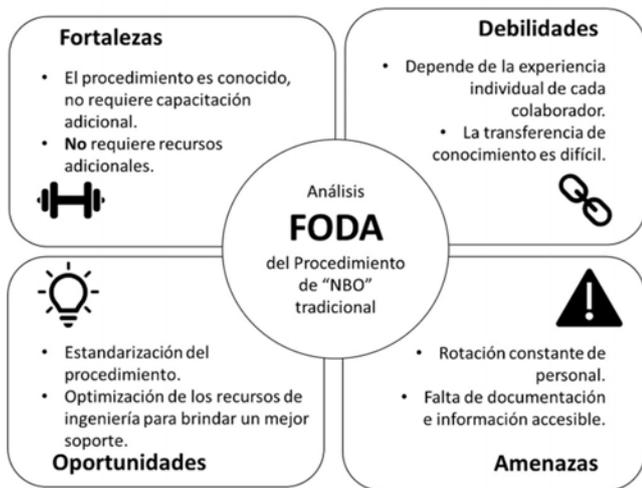


Fig. 7 Análisis FODA del procedimiento de “NBO” tradicional. Elaboración propia.

Mientras que para el segundo caso, se evaluó el nuevo proceso utilizando la herramienta tecnológica desarrollada para este proyecto, como se observa en la Fig. 8.

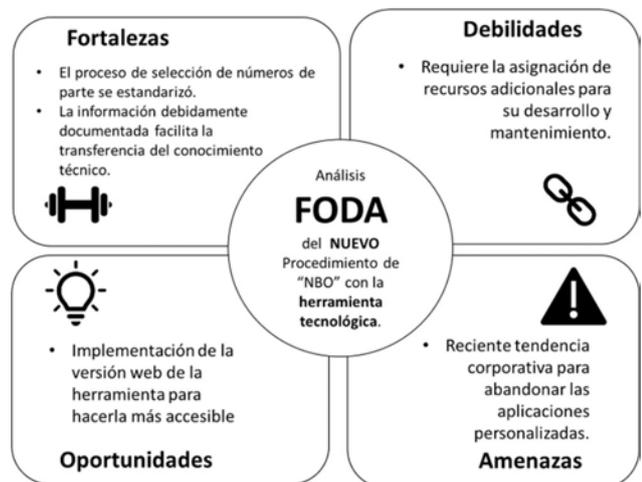


Fig. 8 Análisis FODA del nuevo procedimiento de "NBO" con el uso de la herramienta tecnológica. Elaboración propia.

La ventaja de utilizar el análisis FODA para este tipo de casos es que proporciona una visión integral de los beneficios y desafíos asociados con cada uno de los dos enfoques, lo que puede ayudar a determinar cuál de ellos es más adecuado para la empresa en el futuro. Por lo que una vez realizado el análisis, se determinó que a pesar de que migrar el procedimiento de “NBO” hacia un enfoque que utiliza herramientas tecnológicas puede representar un reto para la empresa, sin duda el hacer esto traerá grandes beneficios en el largo plazo. Por lo que se exhorta a que el modelo aplicado para este proyecto en el departamento de Soluciones Industriales se replique para el resto de los departamentos de la empresa.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto demuestran que la propuesta de herramienta tecnológica para la selección de interruptores de presión ha sido un éxito dentro de la unidad de negocio de Soluciones Industriales. Se logró alcanzar el objetivo general de proporcionar una solución eficiente y fácil de usar para el equipo de Soluciones Industriales para atender a las nuevas oportunidades de negocio de interruptores de presión brindando una propuesta de productos-listos-para-usar de calidad. Adicionalmente, la documentación recopilada servirá como recurso valioso para futuras capacitaciones de los nuevos ingenieros de diseño del equipo de Soluciones Industriales, habiendo logrado transferir el conocimiento “tácito” de los ingenieros de diseño en “explícito” a través de la consolidación de la herramienta tecnológica. En resumen, este proyecto ha cumplido con sus objetivos y representa un paso importante hacia la mejora de la eficiencia y la productividad en la empresa.

Se extienden las siguientes recomendaciones para continuar con el desarrollo de la herramienta tecnológica y para futuros trabajos dentro de la empresa en donde se apliquen tecnologías similares:

- Continuar el proceso de capacitación y familiarización de todo el equipo de Soluciones Industriales con la herramienta tecnológica, con el objetivo de maximizar su utilidad y eficiencia.
- Monitorear y evaluar constantemente el rendimiento de la herramienta tecnológica en la práctica y realizar ajustes según sea necesario para mantener su efectividad.
- Considerar la posibilidad de adaptar esta herramienta a otras unidades de negocio dentro de la empresa para que sea capaz de generar propuestas de productos-listos-para-usar de otro tipo de dispositivos, aprovechando así el potencial de ahorro de recursos y la mejora en la productividad.

VI. REFERENCES

[1] Cengel, Yunus A. and Boles, Michael A. Thermodynamics: An Engineering Approach 10th Edition. s.l. : McGraw-Hill Education, 2023.
 [2] Perino, P. R. Final Technical Report On Calibratable Pressure Switch. Oxnard, California : Statam Instruments, Inc., 1968. NASA-CR-107144.
 [3] Turban, Efraim, Volonino, Linda and Wood, Gregory. Information Technology for Management: Digital Strategies for Insight, Action, and Sustainable Performance. 10th Edition. Danvers, MA : Wiley, 2015.

- [4] Turban, Efraim , Pollard, Carol and Wood, Gregory. Information Technology for Management: On-Demand Strategies for Performance, Growth and Sustainability. 11th Edition. s.l. : Wiley, 2018. ISBN: 9781118890790.
- [5] Turban, Efraim, Pollard, Carol and Wood, Gregory. Information Technology for Management: Driving Digital Transformation to Increase Local and Global Performance, Growth and Sustainability. 12th Edition. s.l. : Wiley, 2021. ISBN-13:978-1119702900.
- [6] Pyzdek, Thomas and Keller, Paul A. The Six Sigma Handbook, Sixth Edition: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. New York : McGraw-Hill, 2023. ISBN-10:1265143994.
- [7] Nonaka, Ikujiro. La empresa creadora de conocimiento. Harvard Business Review. 2007.
- [8] Creación, conversión, facilitación y espacios del conocimiento: las aportaciones de Ikujiro Nonaka a la teoría organizacional. García Garnica, Alejandro. núm. 9, s.l. : Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, 2016, Vol. vol. 4.