



**Calificación General de Proveedores: una herramienta para la búsqueda de la
productividad.**

Daniel Builes Garzón

Ingeniero de materiales

Asesor Interno

Profesora Carmiña Gartner Vargas

Asesor Externo

Ingeniero Sebastián Mejía Alzate

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de materiales

Medellín

2023

Referencia

- [1] D. Builes Garzón, “Calificación general de proveedores: una herramienta para la búsqueda de la productividad, 2023”, Semestre de Industria, Ingeniería de Materiales, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.

Estilo IEEE (2020)



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Francisco Javier Herrera Builes

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres que con tanto trabajo y sacrificio hicieron posible todo lo que he logrado en mi vida, también a mi hermana que ha sido un gran apoyo en todo este camino, a mi familia que ha sido fundamental para mi desarrollo como persona y profesional y a mis amigos que me han ayudado a afrontar muchas situaciones en mi vida, ¡lo logramos!

Agradecimientos

Agradezco a Haceb Whirlpool Industrial y todos sus asociados por darme la oportunidad de ejercer mi carrera y principalmente aprender de procesos de manufactura de clase mundial, agradezco a mi asesor por guiarme, a mi equipo de trabajo por acogerme y a todas las personas que hicieron parte directa o indirectamente en la realización de este proyecto.

Agradezco a la Universidad de Antioquia por permitirme formarme con altos estándares de calidad, a grandes maestros que me enseñaron el arte de los materiales, especialmente a mi asesora por brindarme su apoyo en todo momento, agradezco a mis compañeros y a la academia, por no solo brindarme lecciones si no también una familia que no quiero olvidar.

Finalmente, gracias a todas las personas que han aportado a mi crecimiento personal, a las que me acompañan y a las que se han ido con el tiempo. Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS.....	13
A. Objetivo general.....	13
B. Objetivos específicos.....	13
III. MARCO TEÓRICO.....	14
IV. METODOLOGÍA.....	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
A. Plan de muestreo para la inspección de calidad de las materias primas:.....	22
B. Sistema de medición de la leva articulada:.....	24
C. Pandeo de la varilla del conjunto suspensión.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS.....	35

LISTA DE TABLAS

TABLA I BASES DE DATOS USADAS EN LA CALIFICACIÓN GENERAL DE PROVEEDORES	19
TABLA II PILARES Y VARIABLES DE LA CALIFICACIÓN GENERAL DE PROVEEDORES	20
TABLA III RESULTADOS PONDERADOR DE CRITERIOS	21

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Calificación general del proveedor con novedades de inspección.	22
Fig. 2 Archivo de planeación de las inspecciones de calidad	24
Fig. 3 (a) Estándar de medición del diámetro externo en HWI (b) Posiciones de medición.	25
Fig. 4 Primer árbol de muestreo	26
Fig. 5 Cartas de control primer muestreo	26
Fig. 6 Carta general del segundo muestreo	27
Fig. 7 Cartas segmentadas por a) Formación y b) Posición del segundo muestreo	27
Fig. 8 Tercer árbol de muestreo	28
Fig. 9 Cartas de control tercer muestreo	29
Fig. 10 Calificación general del proveedor de la varilla de suspensión	30

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

HWI	Haceb Whirlpool Industrial
PPM's	Partes no conformes por millón de piezas
WCM	World Class Manufacturing
CPM	Critical Parameter Management (Metrología)
SRM	Supplier Risk Management
PPAP	Production Part Approval Process
KPI	Key Performance Indicator
CPM	Critical Parameter Management (Metrología)
NAC	Nivel Aceptable de Calidad
GSQA	Global Supplier Quality Assurance

RESUMEN

La colaboración con los proveedores es crucial para cualquier empresa, especialmente para una organización centrada en el ensamble como Haceb Whirlpool Industrial. Esta no sólo mejora las relaciones comerciales, sino que también fomenta la mejora continua entre ambas organizaciones. Reconociendo la importancia de la colaboración con los proveedores, Haceb Whirlpool Industrial ha creado un equipo de profesionales dedicados al desarrollo continuo de los proveedores, respetando al mismo tiempo las normas de calidad acordadas.

Una tarea crucial de este departamento es garantizar la calidad de los componentes adquiridos a los proveedores, sin embargo, se ha dificultado por la cantidad y complejidad de las novedades de calidad que presentan los componentes. Para permitir la visualización y priorización de estas novedades, este proyecto aborda el desarrollo de una calificación general de proveedores en Power BI. Compuesta de 6 bases de datos y definida por una metodología de calificación de tres pilares ponderados mediante una matriz de criterios, proporciona los medios necesarios para ayudar al departamento a tomar decisiones tempranas, planificar estrategias de crecimiento y supervisar continuamente el progreso de los proveedores.

Además, con ayuda de la calificación, se identificaron tres problemas críticos de calidad y se formularon planes de acción para resolverlos, como el diseño de un muestreo técnico automático y los cambios de sistemas de medición y criterios de calidad que experimentalmente resultan poco confiables para garantizar la calidad de las piezas. Estos análisis sirven como sustento del correcto funcionamiento de la calificación de proveedores y su potencial.

***Palabras clave* — Manufactura de clase mundial, Power BI, aseguramiento de calidad.**

ABSTRACT

Collaboration with suppliers is crucial for any company, especially for an assembly-focused organization like Haceb Whirlpool Industrial. This collaboration not only enhances business relationships, but also fosters continuous, joint improvement between both organizations. Recognizing the importance of collaboration with suppliers, Haceb Whirlpool Industrial has created a team of professionals dedicated to the continuous development of suppliers, while respecting agreed-upon quality standards.

A crucial task of this department is to ensure the quality of components purchased from suppliers; however, it has been made difficult by the number and complexity of quality novelties presented by the components. To allow the visualization and prioritization of these novelties, this project addresses the development of a general supplier qualification in Power BI. Composed of 6 databases and defined by a three-pillar rating methodology weighted by a matrix of criteria, it provides the means to help the department make early decisions, plan growth strategies, and continuously monitor supplier progress.

In addition, with the help of the rating, three critical quality issues were identified, and action plans were formulated to resolve them, such as the design of automatic technical sampling and changes to measurement systems and quality criteria that are experimentally unreliable for ensuring part quality. These analyses serve as a proof of the correct functioning of supplier qualification and its potential.

***Keywords* — (Ejemplo) World-class manufacturing, Power BI, quality assurance.**

I. INTRODUCCIÓN

Industrias Haceb inició sus operaciones en 1940 como un pequeño taller dedicado a las reparaciones eléctricas en el centro de Medellín [1] llamado “Taller Eléctrico Medellín” [2] administrado por José María Acevedo, que impulsado por el cese de importaciones durante la segunda guerra mundial expandió sus funciones hacia la industria de electrodomésticos sin abandonar el servicio técnico, conservando siempre sus altos estándares y compromiso por la calidad con una política de cero reclamaciones. [3] Este modelo de negocio llevó a Industrias Haceb a ser reconocida como la marca líder en electrodomésticos en Colombia y mantenerse de tal manera hasta la actualidad.

La historia de Whirlpool Corporation tiene sus inicios en 1911, con la aparición de la Upton Machine Company, en el estado de Michigan (USA), con la producción de máquinas de lavar ropa. La compañía, como la mayoría de las instalaciones fabriles de los Estados Unidos fue utilizada a partir del año 1942 para la producción de material bélico con motivo de la Segunda Guerra Mundial, sin embargo, la producción de lavadoras se normalizó en agosto de 1945, al poco tiempo de finalizada la Guerra. La década de los 50's marcó una etapa de gran crecimiento para la empresa, impulsados por grandes cambios como lo fue su nombre donde se acuñó Whirlpool Corporation por primera vez, en años posteriores incursionaron no solo en lavadoras, también en secadoras, cocinas y aires acondicionados. [4], [5]

Haceb Whirlpool Industrial es la primera planta de manufactura de lavadoras del país y de la región andina suramericana, nace de una alianza para cooperar (cooperar para competir) [6] entre Haceb y Whirlpool en un 50/50, la principal ventaja de la alianza es el ahorro de los costos de la producción y una mejor logística de distribución de productos para toda la zona andina, cuenta con una capacidad de producción de 400.000 lavadoras al año y experiencia conjunta en el sector electrodoméstico de 179 años con estándares nacionales e internacionales. [7]

Uno de los principales indicadores para una empresa actualmente es su productividad, la tendencia global es aspirar a industrias 4.0 que integran la tecnología con el talento humano para generar la mayor cantidad de productividad y agilidad posible. [8] Cada vez más gobiernos le apuntan al aumento de la productividad, organización y rapidez mediante pruebas de recortes en las horas laborales para su posible implementación [9], [10]. HWI en su apuesta de innovar, ser referente mundial y alinearse con las tendencias globales, implementa sistemas de gestión integral y mejoramiento continuo basadas en el exitoso modelo WCM (World Class Manufacturing) aplicándolo al área de manufactura de lavadoras de carga superior a gran escala.

Gracias al uso de estas herramientas y filosofías acuñadas por HWI se han generado múltiples prácticas que le apuntan a la optimización y estandarización de procesos (NOS, NOP, LUP), análisis y resolución de problemas (QEWO, 5G, entre otras), inspección inicial de los proveedores (Auditoría GSQA), evaluación del plan de producción de materiales (PPAP), entre otras, que constituyen el marco procedimental no solo de operatividad si no de mejora continua en procesos de gestión gerencial, producción, calidad, talento humano, ambiente, seguridad y salud en el trabajo y múltiples más.

Debido a la importancia de evaluar la eficiencia de estos procedimientos, HWI ha implementado el uso de indicadores que permiten vigilar y generar criterios de aceptación y rechazo cuando algún proceso se encuentra por fuera de los límites establecidos para el indicador. Si se necesitara visualizar la condición general de un proceso bastaría solo con reunir todos los indicadores generados para el proceso, filtrarlos y analizarlos; sin embargo, este proceso presenta varios inconvenientes como lo son: el volumen de información a analizar, la dispersión de los indicadores en múltiples equipos de trabajo, la generación de un criterio objetivo de evaluación, entre otros.

En el área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores de HWI surge la necesidad de monitorear la condición general del servicio del proveedor en términos de aseguramiento de la calidad de la materia prima y de la cadena de suministro, esta información actualmente se recopila en varias bases de datos distribuidas distintos grupos de trabajo interdisciplinarios, esta información al no ser integrada a una sola conlleva a la pérdida de detalles, vitales para el control

y la mejora de los procesos de aseguramiento de la calidad, este trabajo se centra en la generación de un criterio de calificación e indicadores visuales que permitan facilitar el control del proceso de aseguramiento de calidad y servicio de los proveedores a lo largo del tiempo mediante el software libre Power BI y la integración de bases de datos usadas interdisciplinariamente en la compañía.

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la calificación general es una herramienta muy útil en la priorización de novedades de calidad y el continuo control de los cambios que se producen en los sistemas productivos de los proveedores. Al utilizar la calificación general, HWI puede evaluar de manera sistemática y objetiva el desempeño de sus proveedores, considerando aspectos clave como la calidad de las piezas, el cumplimiento de plazos de entrega, la capacidad de respuesta ante imprevistos, entre otros. Esta evaluación integral permite identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización en la cadena de suministro.

La calificación general también brinda la capacidad de establecer estrategias más claras y precisas para la gestión de los proveedores al asignar recursos de manera estratégica, dando prioridad a las novedades que más inciden en el proceso productivo y otorgando prioridad en negociaciones a aquellos proveedores que demuestran un rendimiento óptimo. Adicionalmente, el uso de la calificación permite trabajar de manera preventiva y proactiva con los proveedores. Al tener una visión clara y detallada de su desempeño, se pueden tomar medidas preventivas para evitar interrupciones en el suministro o problemas de calidad basados en la efectividad de estrategias anteriormente implementadas.

En síntesis, los resultados de este trabajo respaldan la importancia y utilidad de la calificación general como una herramienta estratégica en la gestión de proveedores. Su implementación permite una priorización más efectiva de las novedades de calidad, un control constante de los sistemas productivos de los proveedores y una gestión más eficiente y proactiva de las relaciones con ellos. En un entorno empresarial cada vez más competitivo y globalizado, contar con un sistema de calificación sólido se vuelve fundamental para asegurar la calidad y el rendimiento de la cadena de suministro.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Establecer una calificación estandarizada mediante la integración de datos de diferentes áreas que permita evaluar, monitorear y cuantificar la productividad de los proveedores de Hacerb-Whirlpool Industrial, con el propósito de encontrar oportunidades de mejora y aplicación de análisis de causa raíz que genere aumentos en la calificación y por ende aumentos en la productividad.

B. Objetivos específicos

- Adecuar una herramienta mediante la integración de datos de diferentes áreas que permita, de manera más clara y estandarizada, la aplicación de planes de acción y análisis de causa raíz para piezas con alta criticidad.

- Trabajar con los proveedores pareto de forma conjunta para encontrar planes de mejora que aporten a encontrar y resolver la causa raíz de las novedades que han ocasionado una mala puntuación en la calificación.

- Evaluar la productividad de los proveedores mediante el mejoramiento en la calificación, encontrando mejoras en las piezas que tienen mayor impacto en la productividad de Hacerb-Whirlpool Industrial.

III. MARCO TEÓRICO

Haceb Whirlpool Industrial (HWI) como empresa dedicada a la fabricación de electrodomésticos de línea blanca sigue diversas estrategias y tendencias industriales globales con el objetivo de apostar al mejoramiento continuo del servicio y el aumento de la productividad. La principal estrategia de mejora continua es la manufactura de categoría mundial (WCM), que establece normas de producción y fabricación para mejorar y optimizar procesos industriales. Estas normas están alineadas con los estándares y tendencias actuales en el contexto de la Industria 4.0. El objetivo es que las empresas que sigan estas metodologías puedan destacar en el sector manufacturero, basándose en 20 pilares técnicos y gerenciales. [11], [12]

Gracias a la experiencia conjunta de Haceb y Whirlpool en procesos industriales y su conocimiento de estándares nacionales e internacionales, se han desarrollado múltiples herramientas en el marco de la WCM y otras filosofías. Algunas de ellas, las que se enfatizarán en este proyecto, son las siguientes:

Las PPM (partes por millón) se refieren a la cantidad de piezas no conformes entre un millón de piezas. Se utilizan para evaluar los resultados de calidad de los proveedores [13], [14]. Para HWI, es uno de los principales indicadores y se espera que este indicador sea 0 para todos los proveedores, siguiendo la filosofía de "cero defectos". PPM's combina no solo los impactos producidos por la materia prima¹ no conforme si no también los impactos generados en la separación de materia prima conforme de la no conforme y del reproceso de dicha materia prima no conforme para llevarla a conformidad. Estas situaciones impactan directamente en sobrecostos, tiempo perdido, contratación adicional, entre otras partes del proceso productivo que finalmente impactan la productividad general de la compañía.

Los PPAP's (procesos de aprobación de las partes) son herramientas utilizadas para garantizar que las partes producidas (por los proveedores o HWI) cumplan con los diseños

¹ Materias primas, piezas y material se usan indistintamente a lo largo del trabajo, sin embargo, todas se refieren a las piezas que componen la lavadora.

ingenieriles y las especificaciones técnicas que se definen para su uso en el electrodoméstico [15]-[16]. Los PPAP's son fundamentales en el proceso de aseguramiento de la calidad y son un requisito para la producción de cualquier parte que constituya el producto final. [17] Actualmente, hay algunas piezas para las que aún no se ha completado su PPAP debido a las fluctuaciones en su proceso de fabricación y actualmente se tienen planes de contención que buscan la forma más eficaz de poder cerrar el PPAP teniendo en cuenta los impactos de los cambios en la producción de la planta.

Otra herramienta importante en la negociación y el seguimiento de proveedores es la matriz de gestión de riesgos de los proveedores (Supplier Risk Management, SRM). Esta matriz se lleva a cabo desde el inicio de las negociaciones y se actualiza de manera constante cada año, y su objetivo es identificar y evaluar los riesgos asociados a la calidad, el cumplimiento normativo, la seguridad en la cadena de suministro, las negociaciones, los aspectos legales y demás riesgos a los que HWI se enfrenta al establecer relaciones comerciales con el proveedor. Gracias a que esta herramienta es estratégica para el futuro de las relaciones comerciales y permite el desarrollo conjunto de estrategias para mitigar y contrarrestar riesgos, es un componente fuerte y representativo de las negociaciones para la calificación general.

Power BI Desktop es un software desarrollado por Microsoft de uso gratuito o pago para el análisis de datos mediante reportes dinámicos con la opción de compartir dichos informes con otros usuarios, esta aplicación fue elegida para la elaboración de la calificación ya que permite conectar información de múltiples fuentes (como Excel o SQL), generar modelos relacionales con los datos que se alimentan al software, actualizar el modelo si las bases de datos se encuentran en la nube y presentar los datos de manera interactiva y atractiva. [18]

La generación de los reportes virtuales trae consigo múltiples indicadores como tablas, tarjetas, gráficos, entre otros. Estos elementos permiten una comprensión más clara, no solo del estado actual de la calidad de las piezas que se adquieren de los proveedores, también permiten visualizar la efectividad de los planes de acción y contingencias desarrolladas en conjunto con los proveedores, a este conjunto de elementos visuales se les considera KPI's, pues su propósito es

evaluar la efectividad del trabajo del área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores basado en la productividad de sus proveedores. [19], [20], [21]

El FPY (rendimiento de primer paso) es uno de los principales indicadores de la calidad de la producción, este permite observar las novedades de calidad que atravesaron los procesos de inspección y afectaron directamente la línea de ensamble. Se calcula dividiendo la cantidad de unidades en buen estado entre la cantidad de unidades producidas en el mismo período de tiempo.

La inspección de calidad en HWI se lleva a cabo en el área de metrología, especialmente para defectos que no son perceptibles visualmente. Esta área especializada se encarga de realizar análisis dimensionales a las piezas utilizadas en el proceso de ensamble y especialmente a aquellas que presentan novedades de calidad. Todas las piezas se someten a controles de calidad durante las rondas de inspección de calidad, al momento del ensamble o a su llegada a la empresa. En este último caso, se mantiene una lista de materiales críticos para garantizar su calidad debido al importante impacto que un problema de calidad podría tener en el producto final. Para identificar estos materiales críticos, HWI utiliza una herramienta conocida como matriz de gestión de parámetros críticos (CPM).

El departamento de metrología realiza los análisis dimensionales de las piezas críticas de acuerdo con los planos y normas de ingeniería especificados. Este análisis ayuda a garantizar que los componentes cumplen las especificaciones requeridas y pueden integrarse perfectamente en el proceso de montaje. Además, la matriz CPM desempeña un papel fundamental en la identificación y priorización de estos materiales críticos, lo que permite centrar las actividades de muestreo e inspección de la calidad.

Algunas de las herramientas que se programaron para la resolución de novedades de calidad están basadas en la norma técnica NTC-ISO 2859, comúnmente llamada “tabla militar”, la cual establece los procedimientos para el muestreo para la inspección de atributos de cualquier material, pieza, parte, operación u otro, que esté condicionado por lotes sucesivos y por un tamaño considerable. [22]

IV. METODOLOGÍA

El diseño del método de calificación y su implementación se ejecutaron en etapas de la siguiente manera:

1. **Fundamentación:** en esta primera etapa se realizó una exploración y entendimiento de los fundamentos básicos para construir la calificación general de proveedores; se analizó la utilidad de las bases de datos disponibles en la compañía, referenciones de métodos de calificación de otras empresas, posibles variables a usar para la calificación, elección y aprendizaje del software a usar para la recopilación de datos y aprendizaje de las herramientas y acuerdos de calidad usados por el área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores de HWI.
2. **Recopilación e integración de datos:** una vez visualizadas preliminarmente las bases de datos disponibles y las variables a considerar para la calificación se procedió a solicitar el acceso a estas bases de datos que son gestionadas por diferentes equipos de trabajo de HWI. Específicamente las bases de datos de los equipos de negociación, calidad y desarrollo de proveedores, calidad proceso, metrología y logística fueron usadas en el proyecto. Una vez obtenido el acceso a estas, se recopilaron e integraron usando el software Power BI.
3. **Diseño de la metodología de calificación:** en paralelo con el paso anterior se definen las variables que componen la calificación, en este caso: PPM's, segregaciones y reprocesos, material bloqueado desde el área de metrología y nivel de servicio. Una vez recopilada e incluida la información en Power BI se procede a desarrollar los algoritmos matemáticos que componen la calificación y ponderar las variables que se definieron mediante una matriz de criterios que incluyó la opinión de 5 profesionales del área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores.
4. **Relacionamiento de datos, aplicación de elementos visuales y resolución de problemas (troubleshooting):** una vez definidas las bases de datos y la metodología de calificación se procede a relacionar y sincronizar los filtros de las bases de datos y a generar los elementos visuales que componen la calificación general, con la generación de estos últimos se pudieron visualizar problemas producidos en las etapas anteriores y se procedió con la

depuración de estos problemas en las bases de datos y en Power BI hasta que la calificación reflejara mes a mes lo que ocurre con las novedades de calidad en HWI.

5. Identificación y caracterización de proveedores y piezas pareto: con la calificación completamente funcional se filtraron los proveedores con menor calificación general y para estos se revisaron cuáles materiales presentaban mayor afectación en la calificación que, por ende, repercuten críticamente en la productividad de HWI. Una vez mapeados los proveedores y las piezas pareto se continuó con el análisis de la viabilidad del trabajo con estas piezas, de las cuales no se haya encontrado una solución definitiva a sus problemas de calidad. Con estos filtros establecidos se seleccionaron 3 piezas para estudiar y entender detalladamente qué problemas de calidad presentan, las repercusiones en la producción, en el producto final si no se controlan los problemas de calidad, las estrategias que se han usado para la mitigación y/o solución de las novedades de calidad como lo son revisión de estándares de inspección, revisión de la efectividad de los planes de acción para contener las afectaciones y disminuir su impacto, los cambios en el proceso productivo o de inspección que se han hecho previamente para resolver las novedades de calidad pero que resultaron inefectivos, entre otros.
6. Diseño e implementación de planes de acción para la resolución de causa raíz: una vez identificadas las piezas se proponen e implementan, planes de acción para superar las novedades de calidad de manera que se pueda mejorar la productividad del proveedor, y, por consiguiente, conseguir una mejora en la calificación.
7. Verificación: finalmente se analiza si la calificación es capaz de reflejar los cambios en el proceso productivo del proveedor y se establecen los pasos a seguir para la utilización de la calificación en HWI.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La etapa inicial de fundamentación del proyecto transcurrió sin novedades. Las prácticas de gestión documental y de aseguramiento de calidad que HWI implementa son efectivas, la compañía impulsa el uso de nuevas tecnologías como Power BI para la elaboración de KPI's, reportes y metodologías de calificación debido a la versatilidad del software en la elaboración de informes visualmente amigables y con alimentación continua de la información. La mayoría de las bases de datos usadas en este proyecto provienen de archivos de Excel compartidos entre los equipos encargados de su gestión, algunos de estos implicaron una dificultad adicional debido a que la extensión (.XSL), que se usa no permite el acceso a estas bases de datos desde Power BI, debido a esto, fue necesario solicitar el cambio de extensión para una de las bases de datos usadas.

Las bases de datos usadas para la calificación fueron: maestro de proveedores, maestro de segregaciones y reprocesos, traslados materia prima no conforme (CPM), dashboard de PPM's, matriz SRM y RMI. En estas bases de datos se ve evaluado la efectividad del aseguramiento de la calidad y el desarrollo que se alcanza con los proveedores.

TABLA I
BASES DE DATOS USADAS EN LA CALIFICACIÓN GENERAL DE PROVEEDORES

Bases de datos	Información que contiene
Maestro de proveedores	Se usa como documento de apoyo, contiene los datos comerciales de todos los proveedores de materia prima, en la calificación se usan los nombres y el número de acreedor (ID único para cada proveedor).
Maestro de segregaciones y reprocesos	Contiene toda la información correspondiente a la revisión y separación de materia prima conforme de la no conforme (segregación), al igual que la materia prima no conforme que se retrabaja hasta llegar a un estado en que se puede utilizar (reproceso).
Traslados materia prima no conforme (CPM)	Esta base de datos contiene la información de las piezas que no pasan la revisión dimensional realizada en el área de metrología de HWI.
Dashboard de PPM's	En esta se encuentra la información de todas las piezas que llegan no conformes a HWI, es el principal indicador del área de calidad y desarrollo de proveedores y se usa como criterio para evaluar la prioridad de las novedades de calidad.
Matriz SRM	Contiene la información del nivel de servicio del proveedor evaluado por el área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores cada año.

RMI

Se usa como base de datos de apoyo, contiene los datos comerciales de las piezas que se usan en la línea de ensamble y componen la lavadora, para la calificación se usa el “part number o PN” que es el ID único de cada pieza y el número de acreedor, cada proveedor tiene asociadas las piezas que produce.

Una vez obtenido el acceso a estas bases de datos se inicia la integración de estas mediante el software PowerBI y la metodología de calificación. Para la elaboración de la metodología se definieron los siguientes criterios: 3 pilares de calificación con variables que lo componen; estos a su vez se componen de variables

TABLA II
PILARES Y VARIABLES DE LA CALIFICACIÓN GENERAL DE PROVEEDORES

Pilares	Variables	Bases de datos usadas	¿Qué información se usa?
PPM's	PPM's	Dashboard de PPM's	PPM's por pieza y por proveedor cada mes
	Impacto de las segregaciones y reprocesos	Maestro de segregaciones y reprocesos y Dashboard de PPM's	Cantidad de piezas a segregar/reprocesar, piezas ingresadas, fecha de inicio de la segregación/reproceso y proveedor
	Reincidencia de pieza	Maestro de segregaciones y reprocesos	Cantidad de veces que se ha reprocesado/segregado una pieza en el año
	Cantidad de segregaciones y reprocesos	Maestro de segregaciones y reprocesos	Cantidad de segregaciones/reprocesos que tiene un proveedor en el mes
Nivel de servicio	Promedio de calificaciones	Matriz SRM	Calificaciones de nivel de servicio en materia de calidad: evaluación GSQA, calidad PPM's, capacidad técnica, respuesta a planes de acción y actividades correctivas
CPM	Impacto del material bloqueado desde metrología	Traslados materia prima no conforme y Dashboard de PPM's	Cantidad de material bloqueado en metrología, fecha de bloqueo del material y cantidad de material ingresado

Los impactos de las segregaciones y reprocesos y del material bloqueado desde metrología mencionados en la TABLA II se calculan usando la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Cálculo de impactos

$$Impactos = \frac{Cantidad\ de\ piezas\ con\ novedad}{Cantidad\ de\ piezas\ ingresadas} * 100$$

La ponderación de las variables de la calificación se propusieron y se aprobaron basados en el conocimiento de los procesos de aseguramiento de algunos miembros del equipo de negociación, calidad y desarrollo de proveedores; la ponderación de los pilares se hizo mediante una matriz de ponderación de criterios, que reúne las opiniones de 5 profesionales del área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores, los resultados de esta se pueden observar en la TABLA III

TABLA III
RESULTADOS PONDERADOR DE CRITERIOS

Variable	Profesional 1	Profesional 2	Profesional 3	Profesional 4	Profesional 5	Practic ante	Ponderado
PPM's	66%	6%	53%	47%	46%	56%	46%
Nivel de servicio	15%	47%	33%	6%	17%	14%	22%
CPM	19%	47%	14%	47%	37%	30%	32%

Con los criterios definidos se generó el tablero de Power BI que está compuesto por la calificación general y tres pestañas auxiliares para cada uno de los criterios, la generación de estas tres últimas tiene como objetivo mostrar el detalle de las novedades de calidad, asociando herramientas visuales y KPI's que permiten establecer un mejor control de las novedades más críticas y piezas pareto de los proveedores. Debido al contenido confidencial del tablero, únicamente se autoriza su uso para la gestión y control interno de HWI, específicamente para el área de negociación, calidad y desarrollo de proveedores.

Para el modelo relacional de la calificación se identificaron múltiples problemas a raíz del limitado conocimiento en la herramienta Power BI, entre estos se encuentran: dificultades en la aplicación del modelado de datos en estrella, desconocimiento de la herramienta de sincronización de filtros, del modelado de datos en Power BI y de los elementos visuales, entre otros. Estas dificultades llevaron a la ampliación del tiempo empleado para la cuarta etapa del proyecto.

En la quinta etapa del proyecto, obtenida la aprobación de la calificación, se analizaron los 8 proveedores con menor calificación de los meses de enero, febrero y marzo, junto con las piezas que estos proveen y que influyen fuertemente en su calificación general en la búsqueda de planes

de acción para desarrollar, para complementar la búsqueda se analizaron otras piezas pareto de diversos proveedores debido a que algunas novedades de calidad de las piezas pareto ya tienen planes de acción en curso enfocados a la resolución de la causa raíz, por lo que otra propuesta de plan de acción sería ineficiente si los planes de acción iniciales resultan ser efectivos para la solucionar la novedad. Tomando en cuenta las especificaciones anteriores, se abordaron los siguientes problemas para el diseño y la implementación de planes de acción:

A. Plan de muestreo para la inspección de calidad de las materias primas:

Se ha evidenciado, con ayuda de la calificación, que un proveedor de HWI en particular presenta diversas novedades de calidad en sus piezas como rayas, defectos de inyección y piezas faltantes, estas condiciones son repetitivas y a pesar de que se han desarrollado análisis de causa raíz y planes de acción para este proveedor, no se han podido superar las novedades de calidad, razón por la cual la calificación del proveedor se ha quedado estancada (Fig. 1).



Fig. 1 Calificación general del proveedor con novedades de inspección.

Gracias a que el proveedor tiene varias piezas críticas que presentan regularmente problemas de calidad, como gavetas, torres, esparcidores, entre otros, el proveedor se ha vuelto pareto para HWI según su calificación general, por lo que cualquier mejora que pueda implementarse a lo largo del proceso productivo y de aseguramiento representaría un impacto

mayor comparado con otros proveedores, tanto para el proveedor como para la cadena de suministros de HWI.

Aunque la naturaleza de los problemas varía y tienen sus orígenes en distintas fuentes, como en el proceso de inyección o la manipulación, los problemas de calidad no se han logrado resolver completamente. En vista de esto el proveedor ha decidido (por motivos comerciales y/o tecnológicos) responder económicamente por las piezas con novedades en vez de resolver estas en su proceso productivo (límite de proceso), esta decisión hace necesario endurecer las inspecciones de calidad, y en este caso, desplegar recursos humanos para separar las piezas con defectos de las que son aceptables, ayudando así a mitigar el impacto en la línea de ensamble de HWI. Sin embargo, se puede conseguir una reducción más sustancial del impacto mediante inspecciones muestrales de los lotes consumidos en lugar de realizar revisiones exhaustivas de las piezas. Pasar de una revisión exhaustiva a una revisión muestral permite la revisión de piezas distintas en el mismo periodo de tiempo, reducción del impacto general por las novedades de calidad de varias piezas y mayor control y seguridad para garantizar la calidad de la cadena de suministro², sin inversiones o sobrecostos adicionales para HWI.

Es necesario prestar especial atención a la determinación de la frecuencia y el tamaño de muestreo adecuados para garantizar la fiabilidad estadística y la representatividad de los lotes muestreados. Para ello se programa un muestreador basado en la norma técnica NTC-ISO 2859 [22], que está especificado para muestrear lotes entre 50 y 10000 unidades, bajo niveles estándar de inspección y con valores de nivel aceptable de calidad (NAC) variables, de manera que se pueda controlar la rigurosidad del muestreo a voluntad. Además, al colaborar con el proveedor y compartir la metodología del plan de muestreo, ambas partes pueden trabajar juntas para mejorar el rendimiento general de la calidad e impulsar la mejora continua en toda la cadena de suministro.

Con la generación del muestreo automático, se procede a crear la planeación para la revisión de las materias primas críticas (Fig. 2), basado en el plan diario de producción y en las 41 piezas identificadas como críticas por sus constantes novedades de calidad. De esta manera con el uso de

² Se puede generar un mayor control de la calidad con el muestreo de todo el material que ingresa a HWI y el control, mediante el NAC, de la cantidad de material no conforme permitido por la compañía.

esta herramienta es posible garantizar la calidad de todas las piezas y establecer criterios de calidad alineados a los estándares de HWI para la producción. Esta herramienta también puede resultar útil para el proceso de inspección del proveedor, se propone su análisis y uso en sus procesos.

Semana (Todas) ▼					
PN a muestrear ▼	Suma de Cantidad a revisar	Suma de #Ac	Suma de #Re	Suma de Und con def. esperada	
26/06/2023	332	5	9	15,6	
W11502114	125	2	3	6,045	
W11502115	50	1	2	1,755	
W11502122	125	2	3	6,916	
W11502124	32	0	1	0,884	
27/06/2023	445	7	12	15,6	
W11502114	125	2	3	3,705	
W11502115	125	2	3	4,095	
W11502122	20	0	1	0,403	
W11502124	125	2	3	6,136	
W11502127	50	1	2	1,261	
28/06/2023	375	6	9	15,6	
W11502114	200	3	4	7,8	
W11502127	50	1	2	1,5665	
W11502130	125	2	3	6,2335	

Fig. 2 Archivo de planeación de las inspecciones de calidad

B. Sistema de medición de la leva articulada:

La leva articulada es una de las piezas que componen el conjunto de levas, un conjunto que se encarga de darle un movimiento adecuado a la lavadora en sus diferentes modos de funcionamiento. Debido a su función crítica y a que ha presentado novedades de calidad la leva articulada se encuentra en la lista de CPM, por lo que se realizan revisiones periódicas cuando esta entra a HWI.

Según la calificación general de proveedores esta pieza en particular ha sido identificada como una de las piezas pareto del proveedor. Debido a ello se desarrolló un plan de acción que resultó efectivo para resolver la novedad, confirmado por un alza en la calificación en el mes posterior al plan de acción, este incluyó un recentramiento de las variables de inyección para brindarle mayor estabilidad dimensional a la pieza. Sin embargo, se ha identificado que la cota dimensional del diámetro externo se desvía sistemáticamente unas décimas o centésimas de milímetro de los requisitos especificados a pesar de resolver la causa raíz que generaba la inestabilidad. La principal hipótesis para este fenómeno es un inapropiado sistema de medición,

debido a que las piezas se encuentran dentro de la especificación según el departamento de metrología del proveedor, pero se encuentra lo contrario en el departamento de metrología de HWI.

Para saber si el sistema de medición presenta fallas sistemáticas se realiza un MSE (evaluación del sistema de medición) según las metodologías Six-Sigma que se aplican en HWI. Para la evaluación del sistema se hicieron 3 muestreos diferentes teniendo en cuenta el estándar de medición³ (Fig. 3) y las principales causas de variación del sistema de medición, en este caso y con ayuda de otras herramientas (mapa de pensamiento, de producto y proceso) se identificaron: la experiencia de los operarios, la posición de medición y la deformación de la pieza al realizar la medición como las principales causas de variación.

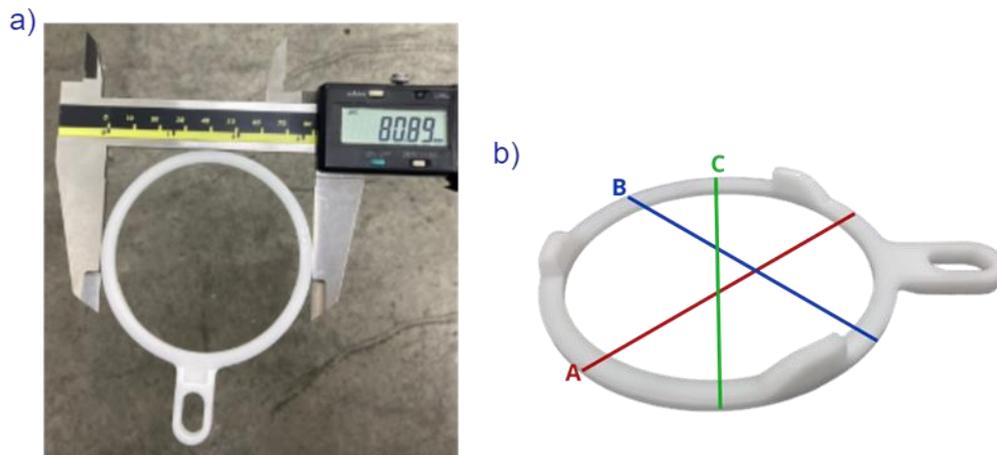


Fig. 3 (a) Estándar de medición del diámetro externo en HWI (b) Posiciones de medición.

El primer muestreo se realizó siguiendo el árbol de muestreo de la Fig. 4, tomando en consideración las variables operario y posición (según la Fig. 3b). Los resultados obtenidos se encuentran en la Fig. 5, la interpretación de este primer muestreo es que los resultados de las cartas son positivos debido a que más del 50% de los puntos en la carta superior (que es la media de los datos) llamada X barra se encuentran por fuera de los límites de control (Upper control limit UCL y lower control limit LCL), mientras que los puntos en la carta inferior (que es el promedio de los

³ El estándar de operatividad para la medición de la leva articulada establece el uso del pie de rey como instrumento de medición, una posición fija y una repetición por medida.

rangos de las medidas) llamada R barra se encuentran dentro de los límites de control. Estas dos cartas son las principales, pero no son las únicas que se evalúan; en este caso el criterio de reproducibilidad de una carta auxiliar no fue positivo, el motivo es que el muestreo resulta insuficiente, es necesario incluir más piezas para generar conclusiones sólidas, aun así, el sistema de medición se observa bajo control lo que genera confianza en este.

HWI	1																										
Operario	1									2									3								
Posición	A			B			C			A			B			C			A			B			C		
Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Fig. 4 Primer árbol de muestreo

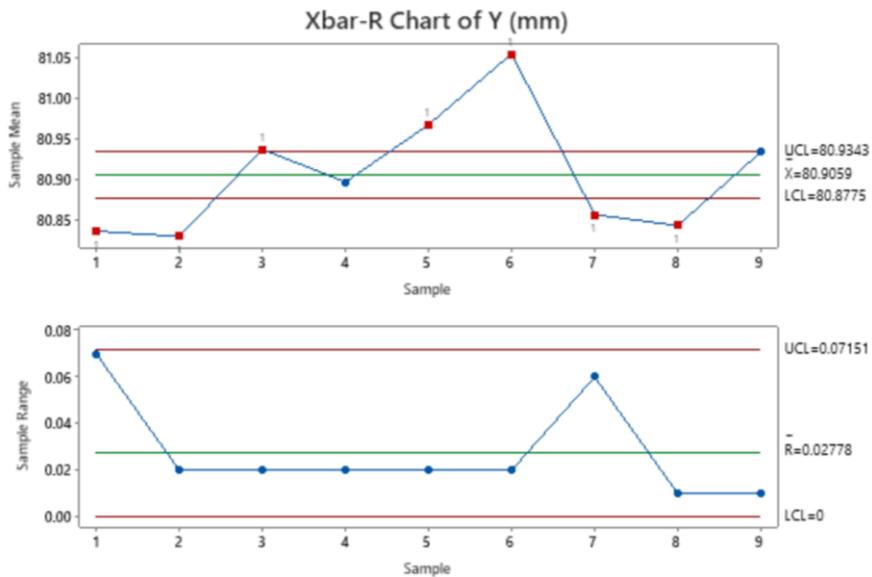


Fig. 5 Cartas de control primer muestreo

El segundo muestreo se realizó tomando en consideración las variables operario, posición, pieza y ampliando el número de operarios, con un total de 108 medidas. Los resultados generales se encuentran en la Fig. 6, estos concuerdan con los resultados anteriores en donde se aprueba el sistema de medición. Adicionalmente se pueden observar las variables críticas para el proceso de medición, en este caso, son la posición y la experiencia del operario donde se observa de los resultados segmentados (Fig. 7) que estas variables aportan una gran cantidad de variación en el proceso de medición. Además de las figuras se logran observar las condiciones óptimas (las que

presentan menor variabilidad) para el proceso de medición, correspondientes a la medición en la posición C y con operarios experimentados. A pesar de que el sistema de medición aprueba el MSE general, no lo hace en todos los sistemas segmentados y la variabilidad reportada sigue siendo mayor al estándar establecido por HWI. Estos resultados indican que la evaluación del sistema de medición puede aprobarse potencialmente bajo las condiciones óptimas encontradas en este muestreo.

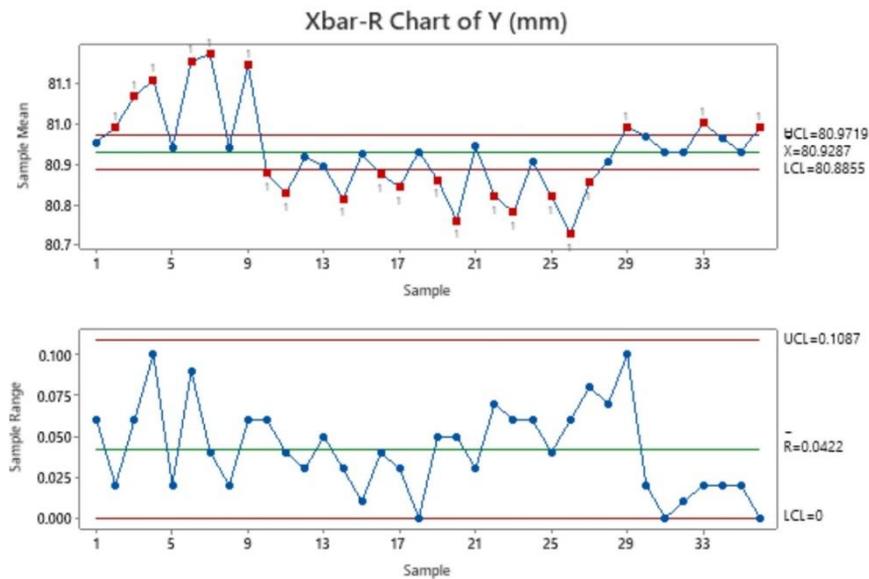


Fig. 6 Carta general del segundo muestreo

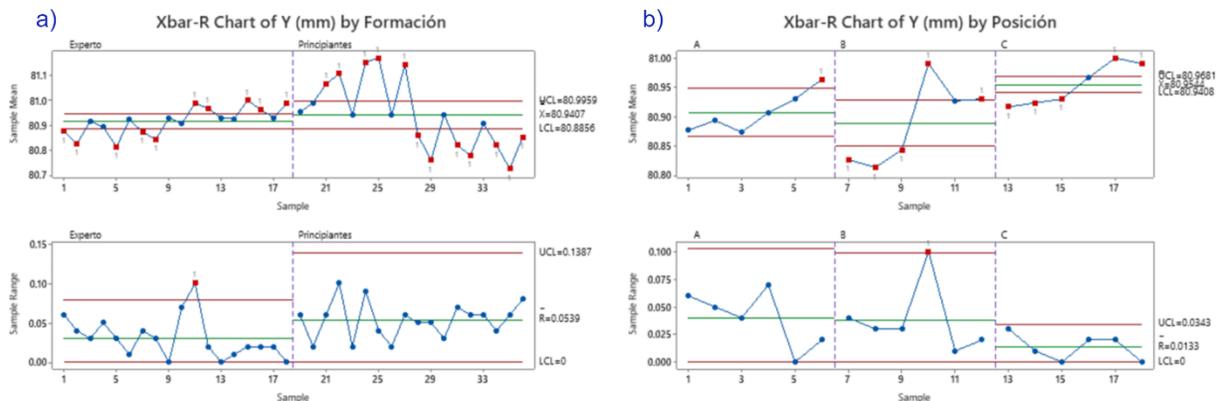


Fig. 7 Cartas segmentadas por a) Formación y b) Posición del segundo muestreo

Tomando en cuenta los resultados del muestreo anterior, para el tercer muestreo se evaluó si el sistema de medición aprueba con las condiciones óptimas, es decir, los operarios con mayor

experiencia tomaron 5 medidas de 3 piezas en la posición C como se muestra en la Fig. 8. Los resultados en la Fig. 9 muestran que el sistema no aprueba la evaluación, a causa de que existe mayor variación en el mismo sistema de medición que en la pieza que se mide, indicando así que el sistema de medición actual: con pie de rey, operarios experimentados y en la posición C no es el indicado para la medición del diámetro externo de la leva articulada. La principal causa atribuible para el resultado negativo es la deformación que se genera en la leva al medir con el pie de rey, el ajuste fino del pie de rey genera un esfuerzo que distorsiona las dimensiones de la leva, al no poder controlar este esfuerzo aplicado, se genera variación en el proceso de medición y por ende mediciones no confiables.

HWI	1																													
Operario	1															2														
Pieza	24					29					30					24					29					30				
Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Fig. 8 Tercer árbol de muestreo

Debido a que el sistema de medición actual no aprueba el MSE es necesario el uso de otro sistema de medición, basados en las observaciones y en la causa principal de la variación se recomienda utilizar un sistema de medición que no deforme, que permita regular la fuerza aplicada en la medición o en su defecto usar un sistema de medición cualitativo. Algunos ejemplos son una máquina de coordenadas cartesianas (CMM), galgas con los diámetros máximo y mínimo de especificación, un calibrador con sensores, entre otras.

Estos resultados demuestran un fallo en el control de calidad de la pieza que se replica en los estándares de inspección del proveedor. HWI y el proveedor de la leva articulada necesitan evaluar qué sistema de medición alternativo es el más indicado considerando el coste, la demanda de la pieza y los estándares de calidad que necesita cumplir, de manera que se llegue a un mejor aseguramiento de la calidad desde el origen y que las medidas a tomar sean justas y competitivas para ambas partes.

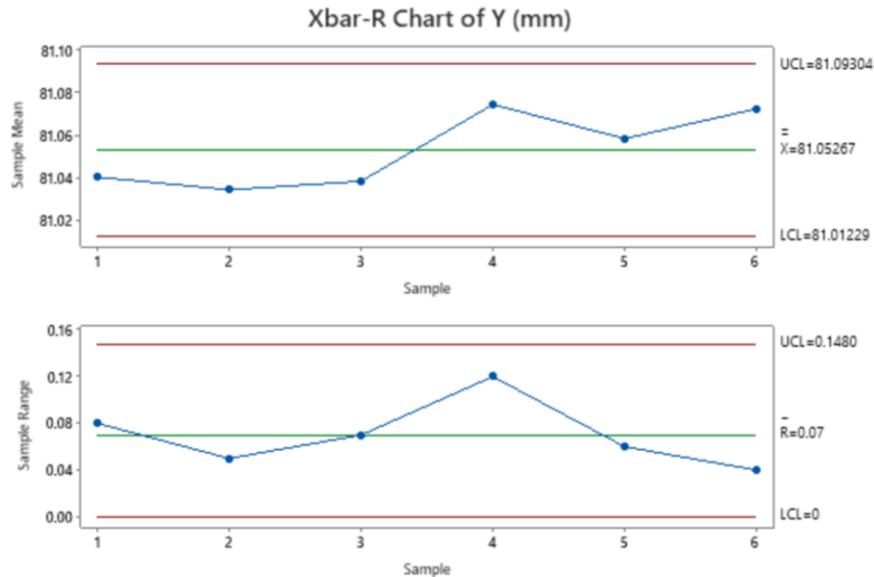


Fig. 9 Cartas de control tercer muestreo

C. Pandeo de la varilla del conjunto suspensión

La varilla de suspensión es una varilla metálica de 3,8 milímetros de diámetro que compone el sistema de suspensión de la lavadora, que en conjunto se encarga de garantizar un funcionamiento suave y eficaz de la lavadora durante los distintos modos de lavado. Sin embargo, en los últimos meses se ha observado la aparición del pandeo excesivo de la varilla, este problema de calidad, aunque no es nuevo, ha impactado severamente la calificación general del proveedor debido a que se observan cantidades importantes de varillas afectadas, esto supone un reto importante para mantener los niveles de calidad del producto y la eficiencia de la línea de ensamble.

Para el control de esta novedad, HWI ha establecido estrictas normas de calidad basadas en un amplio conjunto de criterios, construidos a partir de años de experiencia y datos históricos de las novedades de la varilla y el conjunto de suspensión. De acuerdo con estos análisis la compañía estableció que las varillas de suspensión que presentan un pandeo superior a 0,7 mm se bloquean o rechazan para evitar posibles interrupciones en la línea de ensamble.

Desde el mes de mayo, un número inusualmente alto de varillas de suspensión se bloquearon y posteriormente se rechazaron debido a que no cumplían el estándar de calidad

establecido. Este aumento en los bloqueos y rechazos ha provocado un notable descenso en la calificación global del proveedor (Fig. 10), situándolo consecutivamente entre los proveedores pareto desde el mes de mayo.



Fig. 10 Calificación general del proveedor de la varilla de suspensión

Al hacer énfasis en esta novedad, supone un gran reto para HWI ya que posee múltiples repercusiones tanto para HWI como para el proveedor: mensualmente se consumen aproximadamente 105.000 varillas de suspensión por lo que el desabastecimiento de estas puede generar paros prolongados en la línea de ensamble, sin embargo, el consumo de varillas que incumplen los estándares de calidad puede generar rechazos y micro paros en la máquina que ensambla el conjunto de suspensión, por lo que impacta no solo la calidad del producto, si no la productividad de la línea.

Económicamente esta novedad representa grandes repercusiones principalmente para el proveedor, debido a que con el estándar de calidad previamente fijado se ha rechazado en promedio el 14% de todas las varillas ingresadas a HWI en el mes, representando pérdidas de hasta 13 millones de pesos mensuales. Según este panorama el proveedor ha manifestado que si se siguen presentando rechazos masivos la producción de estas varillas se hace económicamente inviable por lo que no producirán más esta pieza.

Para abordar este problema, se llevó a cabo un análisis con el fin de identificar los posibles factores contribuyentes en el que se encontraron dos hallazgos principales. El primer hallazgo es que la galga usada por el proveedor para medir el pandeo, otorgada por HWI, se encontraba fuera de especificación, lo que resultó en discrepancias a la hora de identificar las varillas de suspensión problemáticas por lo que fue necesario rectificar la galga para que coincidiera con las condiciones del plano y el sistema de medición de HWI. El segundo hallazgo, en el que se enfoca este proyecto, es la fiabilidad del criterio de calidad establecido en HWI para la distinguir las varillas aptas y no aptas para el consumo.

Según muestreos preliminares realizados con varillas de suspensión pandeadas que habían sido bloqueadas en HWI se observó que el criterio de especificación de 0,7mm y el sistema de medición usado no fueron fiables, pues estas se alimentaron controladamente y no mostraron efectos perjudiciales en el ensamble.

Para comprobar esta hipótesis, se realizó un muestreo de más de 10.000 varillas de suspensión bloqueadas por pandeo. Para garantizar una muestra representativa, se utilizó la herramienta de muestreo automatizada según la norma NTC-ISO 2859 usada anteriormente en el primer caso de estudio, en conjunto con los estándares de inspección de HWI. La muestra seleccionada con 100 unidades se sometió a mediciones de pandeo utilizando el sistema de medición estándar de HWI.

Una vez obtenida la muestra se alimentaron controladamente las 100 varillas a la máquina de ensamble del conjunto suspensión. Se observó que ninguna de estas varillas provocó rechazos o interrupciones operativas, incluyendo las 19 varillas que estaban fuera de especificación, lo que cuestiona aún más la fiabilidad y eficacia del actual criterio de calidad y del sistema de medición empleado en HWI.

Para tener una respuesta definitiva se alimentaron controladamente 2000 varillas de las más de 10000 bloqueadas y se encontró que no hubo bloqueos en la máquina asociados a la novedad del pandeo, con este último ensayo se demuestra con solidez que el criterio de calidad es inadecuado para garantizar el consumo seguro de las varillas del conjunto suspensión.

Con esta conclusión se hace necesario la evaluación de un equipo interdisciplinario para esclarecer cómo se abordará la novedad, qué sistema de medición se usará y cuáles criterios de calidad se usarán en adelante para el pandeo de la varilla del conjunto suspensión.

VII. CONCLUSIONES

La calificación general de proveedores sirve de valiosa herramienta para visualizar, controlar y priorizar los problemas de calidad que más repercuten en la productividad de HWI. Para ello, integra varias bases de datos cruciales relacionadas con la negociación, la calidad y el desarrollo de los proveedores. El sistema de calificación de proveedores permite realizar consultas estratégicas sobre cuestiones de calidad y proporciona información histórica sobre el trabajo en colaboración con los proveedores.

Además, permite la aplicación de estrategias como sistemas de recompensa y mecanismos de supervisión alineados con la calificación general del proveedor. Con el uso de la calificación, HWI puede abordar de forma proactiva y preventiva los problemas de calidad, fomentar la mejora continua y optimizar sus relaciones con los proveedores.

En general, el sistema de calificación de proveedores desempeña un papel fundamental en la mejora de la calidad y el establecimiento de prácticas eficaces de gestión de proveedores. Permite a HWI tomar decisiones informadas, asignar recursos de forma eficaz y mejorar su rendimiento operativo general.

VIII. RECOMENDACIONES

En la gestión de las bases de datos se identificaron aspectos a mejorar como: mayor vigilancia en la digitación de los datos para evitar errores en la información, migración a formatos de Excel con botones (sin tener que digitar la información), implementación de bases de datos históricas que permitan la alimentación continua de la información y por ende poder contar con la información actualizada cuando se necesite, reducir al máximo los cambios en los encabezados y la adición o supresión de columnas en las bases de datos debido a que el software Power BI presenta problemas de compatibilidad cuando se generan dichos cambios.

Se recomienda migrar el indicador de PPM's a formato de Google Sheets o a Power BI para permitir la completa automatización de la calificación general.

Es necesario la actualización constante y diligente de las bases de datos que alimentan la calificación para garantizar su correcto funcionamiento; adicionalmente es necesario apuntar a la completa automatización de la calificación general para mejorar la capacidad de reacción y generación temprana de estrategias y planes de acción para atacar novedades.

Es recomendable llevar un registro de los sistemas de medición certificados y los que aún necesitan certificación, esto para evitar novedades de calidad futuras similares a las que se expusieron en este trabajo y contar con un sistema de robusto de inspección.

REFERENCIAS

- [1] F. Arias Jimenez, «El Festejo de Haceb por los 102 años de don José María,» *El Colombiano*, 02 Agosto 2021.
- [2] Universidad Eafit, «Memoria Empresarial,» 28 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://memoriaempresarial.eafit.edu.co/haceb-su-historia/>. [Último acceso: 31 Enero 2023].
- [3] Haceb S.A. Blog, «Historia,» [En línea]. Available: <http://hacebelectodomaticos.blogspot.com/p/historia.html>. [Último acceso: 31 Enero 2023].
- [4] Whirlpool Corporation Centro América, «Nuestra Historia,» [En línea]. Available: <https://www.whirlpool-ca.com/nuestra-empresa/nuestra-historia/>. [Último acceso: 31 Enero 2023].
- [5] Whirlpool Corporation Blog, «Historia de la empresa,» 22 Junio 2015. [En línea]. [Último acceso: 2 Febrero 2023].
- [6] J. Gomez Díaz, A. García Garnica y G. Curiel Aviles, «Coopetencia, interaction of two antagonist relations,» *Dimensión empresarial*, vol. 17, nº 1, pp. 130-137, 2017.
- [7] D. A. Mercado, «Se inauguró planta de producción de alianza Haceb-Whirlpool,» *El Tiempo*, 26 Agosto 2015.
- [8] IBM, «¿Qué es la industria 4.0 y cómo funciona?,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/industry-4-0>. [Último acceso: 23 Febrero 2023].
- [9] J. Kelly, «Belgium is the latest country to join the four-day workweek,» *Forbes*, 8 Noviembre 2022.
- [10] J. Joly, L. Hurst y D. Walsh, «Four-day week: Which countries have embraced it and how's it going so far?,» 12 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/sites/jackkelly/2022/02/15/belgium-is-the-latest-country-to-join-the-four-day-workweek/?sh=aea3f7478f2e>. [Último acceso: 24 Febrero 2023].
- [11] R. Zambelli, «Comprenda qué es WCM – World Class Manufacturing y los beneficios de aplicarlo en la práctica,» Checklist fácil, 28 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://blog-es.checklistfacil.com/wcm-world-class-manufacturing/>. [Último acceso: 24 Febrero 2023].

-
- [12] P. Juneja, «World class manufacturing,» MSG, [En línea]. Available: <https://www.managementstudyguide.com/world-class-manufacturing.htm>. [Último acceso: 24 Febrero 2023].
- [13] L. Louw, «The Metric to Understand Quality: Parts per Million Defectives (PPM),» Master of Project Academy, 2022 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://blog.masterofproject.com/ppm-defectives-six-sigma/>. [Último acceso: 24 Febrero 2023].
- [14] B. McClintic, «Parts Per Million, also Known as PPM, what is it and is it possible?,» 25 Octubre 2003. [En línea]. Available: https://www.dr-diecast.com/PPM_is_it_possible.htm. [Último acceso: 24 Febrero 2023].
- [15] Automotive Industry Action Group (AIAG), «(PPAP) Production Part Approval Process,» [En línea]. Available: <https://www.aiag.org/quality/automotive-core-tools/ppap>. [Último acceso: 26 Febrero 2023].
- [16] Quality One International, «Production Part Approval Process (PPAP),» 1 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://quality-one.com/ppap/ppap-support/>. [Último acceso: 26 Febrero 2023].
- [17] D. Foulis, «What is PPAP and why is it important?,» Ideagen, 29 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.ideagen.com/thought-leadership/blog/what-is-ppap-and-why-is-it-important>. [Último acceso: 26 Febrero 2023].
- [18] Microsoft, «¿Qué es Power BI?,» 22 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [19] Balanced Scorecard Institute, «Key Performance Indicators (KPIs),» 23 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://balancedscorecard.org/solutions/kpi-solution/>. [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [20] A. Chan y A. Chan, «Key performance indicators for measuring construction success,» *Benchmarking: An International Journal*, vol. 11, n° 2, pp. 203-221, 2004.

- [21] S. Nudurupati, U. Bititci, V. Kumar y F. Chan, «State of the art literature review on performance measurement,» *Computers & Industrial Engineering*, vol. 60, nº 2, pp. 279-290, 2011.
- [22] ICONTEC, «NTC-ISO 2859-1 PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN DE ATRIBUTOS,» 2002.