

CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año VIII. Vol. VIII. Nro. 3. Edición Especial 3. 2022

Hecho el depósito de ley: FA2021000002

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

[DOI 10.35381/cm.v8i3.801](https://doi.org/10.35381/cm.v8i3.801)

Medición OEE en manufactura de línea blanca, máquina inyectora de plásticos con tecnología 4.0

OEE measurement in white line manufacturing, plastic injection molding machine with 4.0 technology

Juan Carlos Durán-Tenesaca

juan.duran.35@est.ucacue.edu.ec

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador

[Xhttps://orcid.org/0000-0001-5718-702X](https://orcid.org/0000-0001-5718-702X)

Verónica Paulina Moreno-Narváez

veronica.moreno@ucacue.edu.ec

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-1517-6124>

Edison Humberto-Medina

edison.medinalp@ucacue.edu.ec

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-6332-6759>

Recibido: 15 de abril 2022

Revisado: 10 de junio 2022

Aprobado: 15 de julio 2022

Publicado: 01 de agosto 2022

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

RESUMEN

La eficiencia general de los equipos OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) en la industria manufacturera, es uno de los indicadores con el que se mide la eficiencia y eficacia en el proceso productivo en términos de calidad. Esta investigación pretende describir y comprender cuál es el tipo de indicador con el que se debe medir la eficiencia operacional en la industria, siendo unos de los más utilizados la medición de eficiencia general de los equipos OEE que permite conocer la situación inicial del proceso, que permite determinar el nivel de la capacidad productiva de la empresa de manufactura de línea blanca en la máquina inyectora de plásticos, los datos fueron recolectados a través de encuestas y equipos de medición con tecnología 4.0 que permitieron el análisis de los resultados. Se concluyó que la medición determina un nivel de eficiencia medio, resultado que se compara con los indicadores internacionales.

Descriptor: Industria; equipos e instalaciones; calidad de la vida laboral. (Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

The general efficiency of OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) in the manufacturing industry is one of the indicators used to measure the efficiency and effectiveness of the production process in terms of quality. This research aims to describe and understand what is the type of indicator with which to measure the operational efficiency in the industry, being one of the most used the measurement of overall equipment efficiency OEE that allows to know the initial situation of the process, which allows to determine the level of productive capacity of the white line manufacturing company in the plastic injection machine, the data were collected through surveys and measurement equipment with 4.0 technology that allowed the analysis of the results. It was concluded that the measurement determines a medium level of efficiency, a result that compares with international indicators.

Descriptors: Industry; equipment and facilities; quality of working life. (UNESCO Thesaurus).

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

INTRODUCCIÓN

La manufactura en la actualidad es uno de los ejes principales en la economía de un país, según el SIPRO (2020) Sistema de indicadores de la Producción, la manufactura a nivel del Ecuador presenta un crecimiento en la producción del 30,32% desde el año 2016 hasta el año 2020. En el sector manufacturero en la categoría fabricación de aparatos de uso doméstico, según INEC (2012) en su documento SIN (Sistema integrado de consulta de clasificaciones y nomenclaturas) donde se clasifica a la manufactura de línea blanca mediante las CIUU (Clasificación Industrial Uniforme) C2750.01, que refiere a la fabricación aparatos eléctricos de uso doméstico entre los principales: Refrigeradores, congeladores, lavadoras y secadoras, mientras que se designa un clasificador C2750.03 para la fabricación de cocinas, cocinetas no eléctricos.

Como seguimiento de esta actividad manufacturera, se indica que según el MIPRO (Ministerio de Industrias y Productividad) en el estudio realizado por (MIPRO & Flasco, 2011). Se evidencia que la industria de línea blanca genera para el año 2010 un total de 5,6 millones de dólares en Impuesto a la Renta, adicionalmente del Impuesto al valor agregado IVA alrededor de 25 millones de dólares, ocasionando ventas en aproximadamente 30,7 millones de dólares en artefactos de línea blanca. En el entorno competitivo en que se desarrollan hoy en día las actividades, una de estas a nivel mundial son las actividades manufactureras, que deben cumplir con requisitos de clientes tanto internos como externos, el cumplimiento de normas y la aplicación de principios de manufactura hace que las industrias se vean obligadas a contar con sistemas de evaluación donde se puedan medir costos, calidad, productividad, con el afán de mejorar (Corrales & Hernández, 2020).

La calidad, según ISO 2015 (Cruz-Medina et al. 2017), indica que es un conjunto de requisitos que satisfacen las necesidades de los clientes, criterio que concuerda con (Tari, 2000), que indica a la calidad como la satisfacción dirigida a los clientes para su satisfacción. A este respecto, (Gutiérrez & Salazar, 2013), indica que la falta de calidad

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

en un producto manufacturado ocasiona grandes pérdidas, entre las principales: Insatisfacción de los clientes, pérdida de la reputación, caída de la participación de mercado, costos de garantía, entre otros.

La aplicación de nuevas herramientas a la manufactura, la introducción de nuevas tecnologías, el diseño de líneas de procesos eficientes, con tiempos cortos de respuesta, donde se evidencia la reducción de desperdicios como: tiempos de entrega, retrabajos, esperas, sobreproducción, almacenamientos innecesarios, hacen que las industrias mejoren su rendimiento, la calidad y, por tanto, su costo se vuelve competitivo (Setyawan et al. 2021).

La medición de indicadores OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), eficiencia general de los equipos, pretende establecer un punto de partida para las oportunidades de mejora, donde se evalúe la situación inicial de la empresa y una situación después de implementar las metodologías existentes para lograr dichos fines. Cabe destacar que los indicadores tradicionales pertenecen a cada departamento, llegando a estar aislados uno del otro, sin embargo, la evaluación OEE procura unificar los tres indicadores principales: disponibilidad, rendimiento y calidad con la finalidad de que todos los departamentos trabajen para un solo indicador, aportando de manera correlacionada en la medición y evaluación del indicador (Mistel, 2021).

Según (Haddad & Shaheen, 2021), la medición con indicadores OEE destaca por mantener una evaluación integral de una planta industrial lo que implica en unificar esfuerzos de todas las áreas que componen la cadena de valor en estas empresas, entre las herramientas de medición para propósitos de evaluación y determinación de situación inicial de la administración de operaciones se determina a Lean Manufacturing (*Manufactura Esbelta*) como una de las principales herramientas de aplicación y propuesta de mejora continua, dichas herramientas están fundamentadas y aplicadas en industrias que cuentan con gran trayecto en el mercado mundial, para esto lo que se sugiere en la aplicación se tiene las principales:

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Las 5 s que refiere a la clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina, esta se define como su nombre, lo indica a las 5 primeras letras de cada principio japones que indica la metodología, TPM (*Total Productive Maintenance*) o mantenimiento total productivo que se basa en tres principios: el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de la maquinaria y equipos (Marinhoa, 2021). SMED (*Single Minute Exchange of Die*) o cambio de matriz en menos de diez minutos que pretende la reducción en tiempos de set up o intercambios en órdenes de producción, VSM (*Values Stream Mapping*) o mapa de flujo de valor cuya pretensión es visualizar el flujo actual de la producción, dando a conocer los posibles inconvenientes de la cadena de producción, TAKT TIME o ritmo que marca la producción que contempla el tiempo con el que se debe producir cada unidad basada en la demanda evitando con esto la sobreproducción, gestión visual que utiliza indicadores visuales a través de pantallas con la finalidad de que todos estén informados del estado y el proceso de producción, justo a tiempo con la función principal de producir las cantidades necesarias en el momento requerido (Sarria et al. 2017).

A través de la aplicación de estos principios de mejora continua que propone la metodología lean Manufacturing, se puede aplicar indicadores de medición de eficiencia general de los equipos donde la cuantificación de la eficiencia tiene un punto de partida, justamente con el objetivo de implementar sistemas que logren la competitividad de la empresa en términos de costos de producción y calidad, logrando con esto la permanencia en el mercado de los productos a los que dedican las industrias manufactureras (Vargas-Hernández et al. 2018).

La presente investigación se desarrolla en el cantón Cuenca, provincia del Azuay, en la empresa de manufactura de línea blanca, sección inyección de plásticos, donde se evalúa la eficiencia según los indicadores OEE en el periodo 2022.

Referencial teórico

Calidad, eficiencia y eficacia en la manufactura

Los productos que se realizan en las empresas manufactureras deben, hoy en día, cumplir con requisitos de clientes que hacen referencia a la calidad y costo, logrando así la competitividad en el mercado (Haddad & Shaheen, 2021). Sin embargo, se debe considerar que los procesos de transformación se ven interrumpidos por problemas internos, ya sea en la maquinaria, o porque esta produce productos defectuosos que inciden en la calidad, que en consecuencia se incurre en costos por daños de los equipos y las piezas producidas, reduciendo de esta manera la eficiencia y eficacia de los equipos (Setyawan et al. 2021).

De acuerdo con (Ahuja et al. 2019), menciona que TQM (gestión de la calidad total), centra sus esfuerzos en proporcionar productos de la mejor calidad para satisfacer las necesidades de los clientes, donde las empresas enfocan sus esfuerzos en la mejora de sus procesos, que coinciden con los conceptos de (Tari, 2000), donde indica que la gestión de la calidad total brinda una ventaja competitiva a las empresas, puesto que se adquiere esta competencia a través de proporcionar productos de alta calidad a un bajo costo.

En ese mismo contexto, (Rahman & Mohamad, 2020), indican que se debe considerar herramientas de medición del rendimiento tanto de eficiencia como de eficacia, donde se determine las pérdidas ocasionadas por el mal funcionamiento de los equipos, y se pueda identificar los problemas referentes a la calidad y al costo, que se trasladan a oportunidades para mejorar los procesos. Para adoptar estrategias que se orienten a la productividad, calidad y la mejora continua en los procesos de manufactura, se debe en primer lugar identificar, cuantificar, analizar los tiempos de inactividad de las máquinas y equipos utilizados en la cadena productiva, para esto se debe establecer indicadores que se relacionen con el desempeño, eficiencia, eficacia, la calidad y la productividad, uno de los indicadores utilizados en manufactura es el OEE (Haddad & Shaheen, 2021).

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez: Edison Humberto-Medina

Eficiencia general de los equipos OEE estructura y cálculo

Los indicadores OEE que miden el rendimiento de los equipos están basados en la toma de datos, combinando de cierta manera la tecnología 4.0 con Lean Manufacturing, enfocándose en la mejora continua, desarrollando base de datos que posteriormente se utiliza para el debido análisis y toma de decisiones (Rahman, & Mohamad, 2020). Para tal efecto se debe considerar tres factores claves a ser medidos en la industria, estos índices hacen referencia a la disponibilidad, la eficiencia y la calidad que se resumen en un solo indicador OEE, de tal manera que se mide el tiempo en que se produce una cierta cantidad de piezas, la cantidad de piezas planificadas comparadas con las producidas y finalmente la calidad de estas piezas (Hernández & Vizán, 2013). De igual manera, (Marinhoa et al. 2021), considera que la medición con indicadores OEE está basada en tres variables que son: el rendimiento, la disponibilidad y la calidad, consolidando en un indicador general que sirve de punto de partida para la mejora continua.

Atendiendo las consideraciones de rendimiento, disponibilidad y la calidad, según (Gutiérrez & Salazar, 2013), la calidad hace referencia al conjunto de características de un producto o servicio que están destinados a la satisfacción de los clientes, en torno a la calidad existen aspectos de mejora continua basados en el cumplimiento de normas tanto es así que para (Cruz-Medina et al. 2017), la calidad se considera como un sistema de gestión que hace referencia a la calidad como la capacidad para proporcionar productos a los clientes con requisitos legales y reglamentarios.

Por otra parte, la productividad, que mide el rendimiento y la disponibilidad, según (Heizer & Render, 2009), la productividad se refiere a la relación existente entre las salidas de un proceso, ya sea esta un bien o un producto comparados con las entradas, siendo estas el conjunto de recursos necesarios para elaborar un bien o un servicio. Se puede resumir que la productividad, en un claro ejemplo para el cálculo, se obtiene de la división resultante de:

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez: Edison Humberto-Medina

1. Productividad=Unidades producidas/Insumos necesarios (horas trabajadas)
2. En esta perspectiva, las unidades producidas corresponden a las salidas, mientras que las horas trabajadas hacen referencia a las entradas (Heizer & Render, 2009).
3. Es necesario identificar los componentes de la ecuación del indicador OEE, para esto se lo define de la siguiente manera (Hernández & Vizán, 2013).
4. $OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$
5. Donde la disponibilidad hace referencia al cálculo del tiempo de funcionamiento comparado con el tiempo perdido por inactividad.
6. El rendimiento consiste en el cálculo de la producción real comparada con la capacidad de producción.
7. La calidad se refiere a la comparación entre las piezas buenas que se producen con la cantidad real de producción (Haddad & Shaheen, 2021).

La disponibilidad es igual a la cantidad de tiempo que se emplea a la producción comparada con el tiempo total que se dispone, es decir se considera los paros de proceso previamente planificados, obteniendo en valor porcentual el tiempo utilizado del equipo o máquina, este indicador se representa en la figura 1 que ilustra los componentes y se lo indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Disponibilidad} = \text{Tiempo productivo} / \text{Tiempo disponible}$$

El tiempo productivo hace referencia al tiempo total con el que se puede producir, es decir, a este se le debe reducir todos los paros de producción, ya sea por distintas causas como: esperas, averías, cambio, arranques, teniendo en cuenta que deben ser planificadas. El tiempo disponible se refiere al tiempo total con el que se dispone, a esta variable no se le considera los tiempos de parada de los equipos (Setyawan et al. 2021).

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

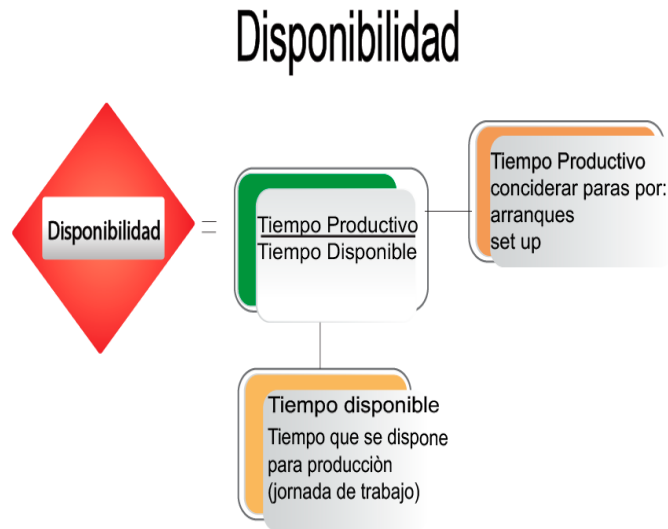


Figura 1. Disponibilidad.

Fuente: Adaptado de los aportes de Setyawan et al. (2021).

El rendimiento ilustrado en la figura 2, mide la producción que se obtiene en un periodo de tiempo comparado con la capacidad productiva, se mide en términos porcentuales la cantidad de piezas producidas que se realizan frente a la cantidad de piezas que se deberían producir, representada en la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \text{Producción real} / \text{capacidad productiva}$$

La producción real es la cantidad de piezas que se producen en un periodo determinado, esta variable se ve afectada por las micro paradas y la reducción de la velocidad establecida. La capacidad productiva se refiere a la cantidad de piezas que se debería producir sin tener en cuenta las micro paradas y reducción de la velocidad, es decir, la cantidad de piezas que se planifican producir (Setyawan et al. 2021).

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

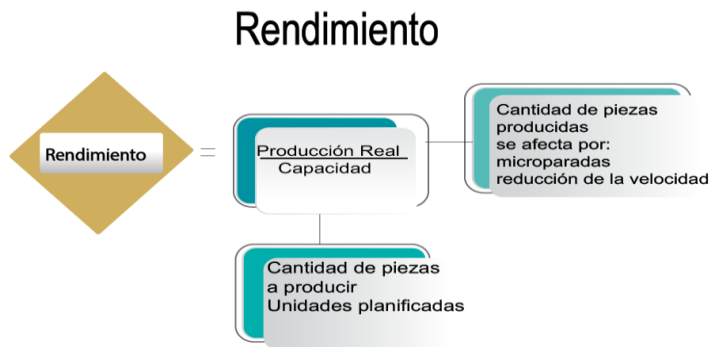


Figura 2. Rendimiento.

Fuente: Adaptado de los aportes de Corrales & Hernández (2020).

La calidad mide la cantidad de piezas buenas frente a la cantidad de producción real, se determina en valor porcentual denotando la capacidad productiva de piezas buenas, se representa mediante la ecuación:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{piezas buenas}}{\text{producción real}}$$

Las piezas buenas es el total de producción que no necesitan retrabajos o simplemente son piezas defectuosas u obsoletas. La producción real es la cantidad de piezas que se producen en un periodo determinado, esta variable se ve afectada por las micro paradas y la reducción de la velocidad establecida (Napitupulu & Rahmadsyah, 2020).

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina



Figura3. Calidad.

Fuente: Adaptado de los aportes de Napitupulu & Rahmadsyah, (2020).

La fórmula general del OEE total de los equipos está dada por el producto de los tres indicadores previamente calculados y con las consideraciones para cada variable, de esta manera disponibilidad, rendimiento y calidad son multiplicados, establecido mediante la siguiente ecuación.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Obteniendo el rendimiento total del equipo o maquinaria que se pretende evaluar, en términos de eficiencia operacional (Mistel, 2021).

Los componentes del indicador OEE se los ilustra mediante el esquema de la eficiencia general de los equipos en la figura 4.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Esquema de los componentes OEE



Figura 4. Componente del indicador OEE

Fuente: Adaptado de los aportes de Hernández & Vizán (2013).

En la última década, la industria ha implementado la herramienta de medición a través de OEE donde se determina varios tipos de pérdidas proporcionando información para la toma de decisiones y encontrando oportunidades para la mejora continua (Rahman, & Mohamad, 2020).

Es importante entender que la evaluación y determinación de la situación inicial de la empresa en términos de costos, pérdidas, y demás rubros que afecten a que los productos manufacturados tengan costos elevados, se debe implementar metodologías donde se evidencie la reducción de los costos de fabricación logrando procesos con mejor rendimiento y, por tanto, en costo tiende a bajar, con ello la utilidad será mayor logrando así el ganar tanto para empresarios, colaboradores de la empresa y los clientes. (Ahuja et al. 2019). (Napitupulu & Rahmadsyah, 2020), para la evaluación con indicadores OEE, es necesario partir desde la situación inicial, sin embargo, para la mejora de estos

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

indicadores es necesario contar con una serie de herramientas que sugiere la metodología Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing y sus principales herramientas

También se propone la implantación de herramientas que logren eliminar los desperdicios de producción, siendo estos los siguientes:

- 5'S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*)
- SMED
- TPM (Vargas-Hernández et al. 2018).

Las 5 s son herramientas y principios cuya aplicación desprenden varias mejoras en el lugar de trabajo y por ende a la empresa, estas deben ser implementadas en el orden que sugiere la metodología: Clasificar, ordenar, limpieza, estandarización y disciplina. La herramienta de 5 s utilizado como sistema que se encarga en reducir y optimizar la productividad a través de puestos de trabajo limpios y ordenados, utilizando para dicho fin sistemas visuales que servirán o tiene el propósito de dar disciplina a las herramientas ya implementadas (Manzano & Gisbert, 2016).

Smed es una de las principales herramientas, la cual se combina con metodologías como: trabajo estandarizado, 5 s, mantenimiento total productivo, entre otras, que sugiere lean Manufacturing (Haddad & Shaheen, 2021).

Tpm es la herramienta que propone maximizar el tiempo operativo de la maquinaria, contando con todo el recurso disponible, entre estos la mano de obra de los operadores, sin embargo, se propone que esta al ser operativa debe contar con los conocimientos necesarios para aplicar funciones del departamento de mantenimiento, delegando tareas iniciales simples como las de limpieza hasta llegar a tareas especializadas.

Para la aplicación de metodología, Lean recomienda determinar la estructura del sistema de producción, así como también el nivel inicial de la organización, con esto se puede

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

cuantificar las mejoras que se implementen a través de la herramienta (Sarria et al. 2017). Es necesario partir con los conceptos que indica la teoría, tomando como punto referencial la toma de información para que se pueda obtener la medición de indicadores, una vez obtenidos estos se podrá determinar las mejoras con las herramientas que sugiere lean Manufacturing.

Las métricas para compararse en lo que refiere a indicadores OEE están basadas a niveles internacionales, tanto es así que para Vorne (2018), en su página web, establece la puntuación a compararse.

Basándose en las métricas antes expuestas se considera realizar la evaluación, detallando así en nivel de empresa frente a los valores que son considerados como estándares internacionales, de esta manera se podrá dar un punto de partida para la implementación de oportunidades de mejora, con la intención de elevar los indicadores a los niveles que sugiere la teoría, adicional se determinará las herramientas con la que se pretende alcanzar el objetivo principal de la investigación.

MÉTODO

Para la presente investigación, se consideró un tipo de investigación descriptiva con diseño no experimental, debido a que se analizó las variables objeto de estudio en su contexto natural, es decir, manteniendo los resultados sin ser manipulados. En este aspecto se determinó la situación actual en medición OEE de la empresa manufacturera de línea blanca máquina inyectora de plásticos.

Universo de estudio y tratamiento muestral

Para la obtención de la información en lo que refiere a satisfacción del cliente interno, se diseñó la encuesta como técnica de investigación que nos permitieron recopilar, analizar e interpretar los datos que hacen referencia al indicador de calidad, adicional a esto para la toma y recolección de la información del tiempo disponible para la producción se tomó

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez: Edison Humberto-Medina

datos del departamento de panificación, para la recolección de datos que hacen referencia al rendimiento se colocan equipos con tecnología 4.0 que se encargaron de la recolección de cantidad de piezas producidas y defectuosas. La población que se consideró para el desarrollo de la investigación, fueron los clientes que se relacionan directamente con el área, obteniendo un total de 30 encuestados como población donde se aplicó al 100% de la población objeto de estudio (Martínez, 2012).

Tratamiento estadístico de la información

Para la recolección de datos se diseñó un cuestionario con varias preguntas que se agruparon por variables, por medio de la plataforma de Google (<https://forms.gle/AF1jtTWnESi2CGqJ7>); adicionalmente se cuenta con la plataforma de recolección y tabulación de información data estudio.

RESULTADOS

Luego de la recolección de información a través de la encuesta aplicada a los clientes internos de la empresa de manufactura de línea blanca de la sección inyección de piezas, se determinó como población muestral a 30 clientes que se relacionan directamente con la sección, se aplicó la encuesta utilizando la herramienta Google Formularios (<https://forms.gle/AF1jtTWnESi2CGqJ7>) que permitió la recolección de la información donde se aplicó estadística descriptiva para el procesamiento de la información. Para el detalle de la información se presenta las siguientes siglas que hacen referencia a cada departamento y se muestra en la tabla 1.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Tabla 1.
 Nomenclatura secciones internas industria manufactura línea blanca.

Cliente	Nomenclatura
Línea de ensamble de refrigeradores	ERI
Línea de ensamble de cocinas	ECH
Departamento de calidad	CAL
Inyección de puertas refrigeradoras	PPU
Pre ensamble de refrigeradoras	PRI
Pre ensamble de cocinas	PCH

Fuente: Industria de manufactura línea blanca.

En la figura 5 se observa que las secciones que interactúan como clientes principales de la sección inyección de plásticos, siendo estas las que corresponden a la línea de ensamble de refrigeradores, departamento de calidad y pre ensamblados de refrigeradores, notándose que los principales corresponden a: ERI, CAL, PPU con sus valores de: 27%, 27% y 17% respectivamente.

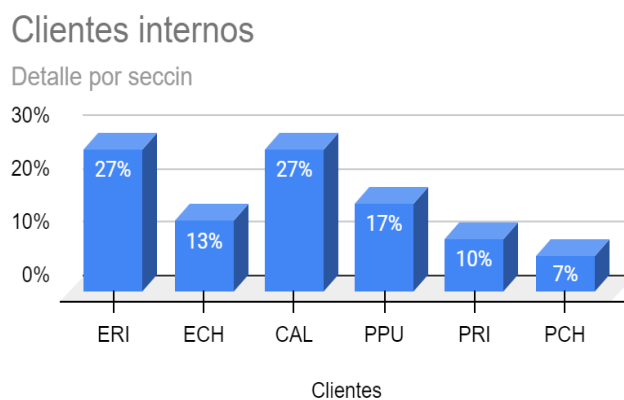


Figura 5. Principales clientes internos.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Análisis nivel de satisfacción según los productos utilizados

Continuando con el análisis, se hace referencia al nivel de satisfacción de calidad de los clientes internos, haciendo referencia a la figura 6 se indica que la mayor cantidad de piezas utilizadas son la que se producen con material cristal, determinando que la calidad en las piezas fabricadas con la materia prima cristal tiene una calidad media para los clientes.

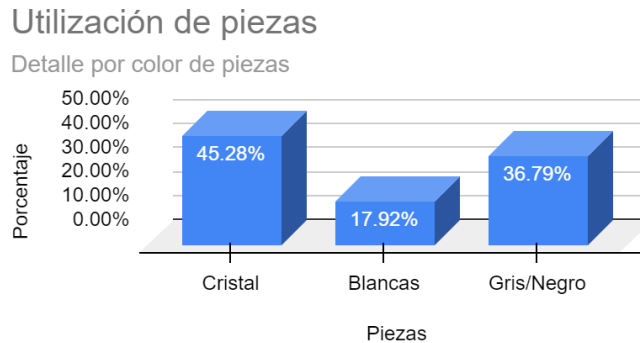


Figura 6. Consumo de piezas.

Haciendo referencia a los defectos detectados por los clientes internos, se determina que la mayor cantidad se concentran en las manchas en serigrafía que demuestra la figura 7, basándonos en este resultado y comparando con la información de la figura 8, se observa que estos defectos son causados en el proceso de fabricación de la sección inyección de plásticos demostrando un 63% de posibilidad a que los defectos se produzcan en este proceso

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

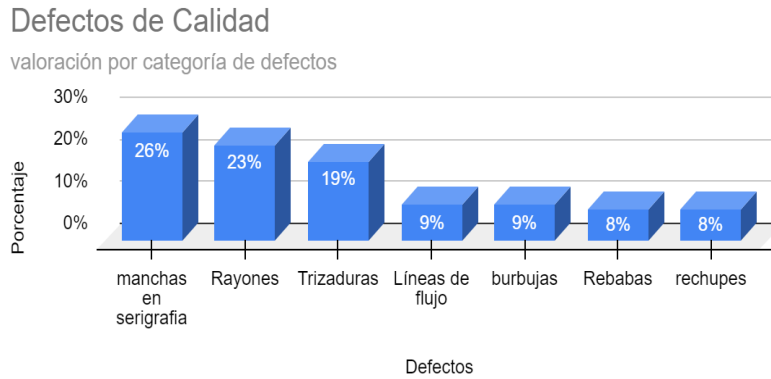


Figura 7. Defectos de calidad

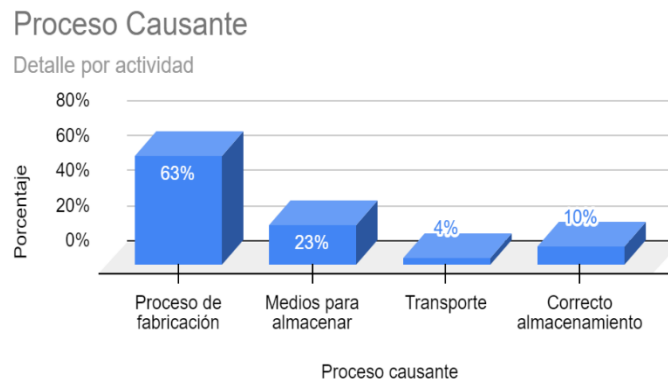


Figura 8. Defectos de calidad.

Referente a la información de las figuras 9 y 10 que corresponden a los problemas causados por los defectos, se indica que la falta de calidad en las piezas ocasiona reprocesos cuando no son detectados y utilizados en el proceso de producción del área cliente, en el caso de ser detectados antes de su utilización, las piezas son devueltas para ser reprocesadas, es decir tanto el cliente interno como el proveedor recaen en el

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

principal inconveniente que es el retrabajo por cambio de pieza o la devolución, ya que esta es documentada y requiere su tratamiento.

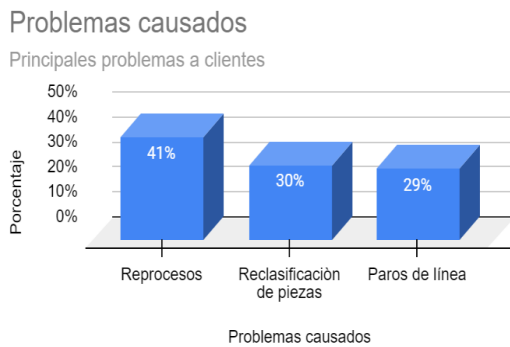


Figura 9. Defectos de calidad

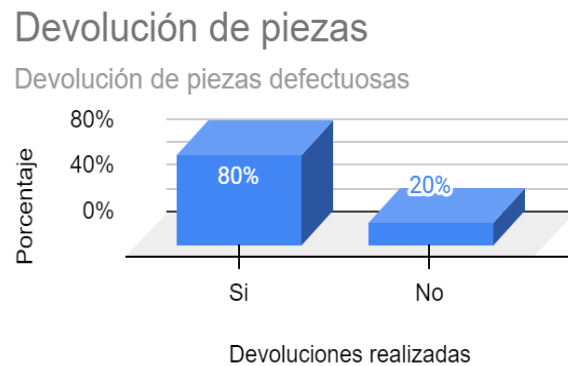


Figura 10. Defectos de calidad

Se realiza la valoración FTQ (Calidad a la primera) percibida por el cliente interno donde se evidencia y se detalla en la figura 11 el nivel de calidad por defecto que se obtiene en esta valoración, a base de esto se observa que en promedio la sección inyección de piezas mantiene una calidad percibida del 86% frente a los procesos que utilizan las piezas, evidenciando una oportunidad donde mejorar en lo que a calidad se refiere.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

FTQ (Firts time quality)

Calidad a la primera percibida por los clientes

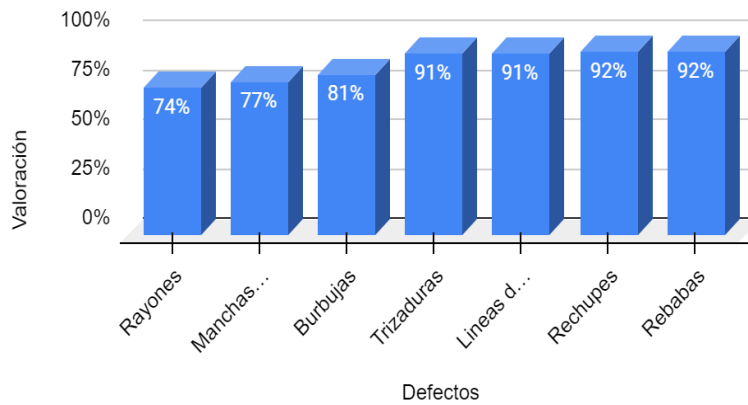


Figura 11. Defectos de calidad.

Obteniendo los resultados de las mediciones realizadas in situ a pie de máquina con lectores de tecnología 4.0, se observa las figuras 12,13 y 14 los niveles obtenidos de los tres indicadores objeto de estudio, considerando la disponibilidad, rendimiento y la calidad, que se determinan en nivel aceptable.

Máquina inyectora de plásticos

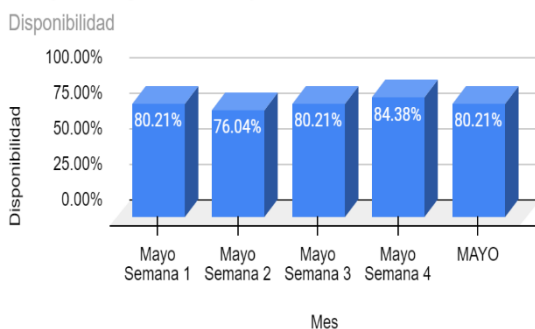


Figura 12. Indicador de Disponibilidad.

Máquina inyectora de plásticos

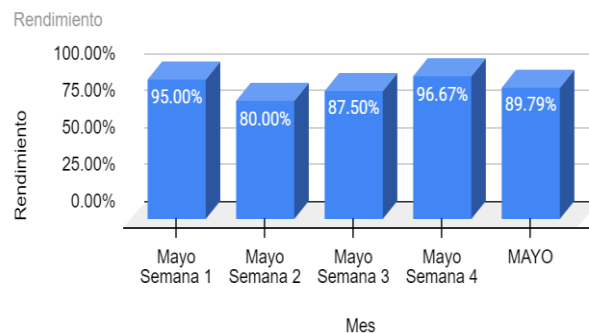


Figura 13. Indicador de Rendimiento.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

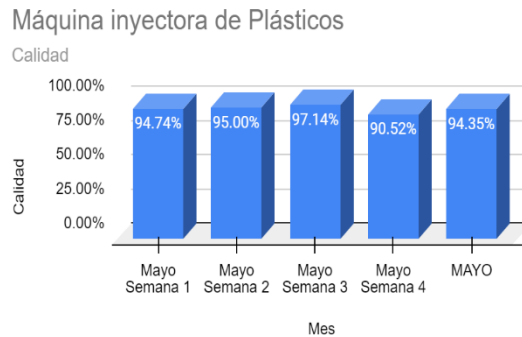


Figura 14. Indicador de calidad.

Finalmente, se obtiene el indicador OEE que nos muestra el nivel de eficiencia operacional, con él que cuenta la máquina inyectora de piezas, en la figura 15 y 16 se muestra que el comportamiento general es aceptable, sin embargo, se considera que en la semana 2 este indicador tiende a la baja esto debido a los paros de maquinaria no contempladas siendo estos los daños de maquinarias y moldes.

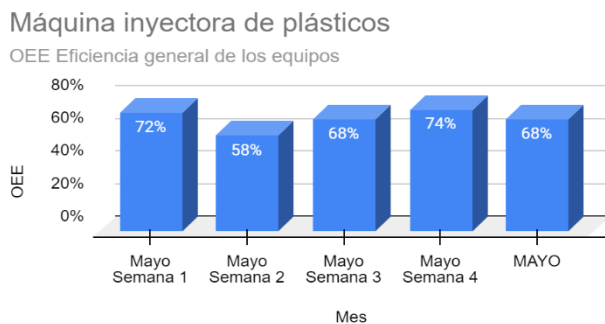


Figura 15. Indicador OEE por semana.

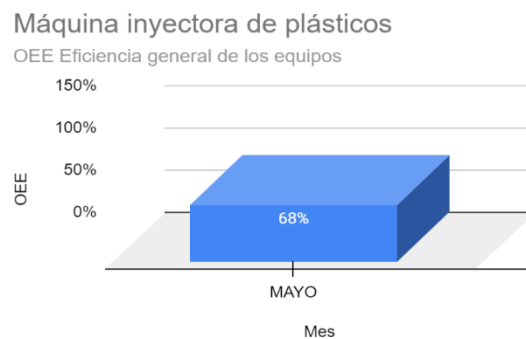


Figura 16. Indicador OEE mes.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez: Edison Humberto-Medina

DISCUSIÓN

Las empresas manufactureras, generalmente utilizan métodos de evaluación donde se identifican las áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia y la eficacia en términos de disponibilidad, rendimiento y calidad, dado el supuesto que todo lo que se mide se gestiona y se lo puede mejorar. OEE es un indicador internacional que se obtiene de la multiplicación del rendimiento, disponibilidad y calidad, obteniendo como resultado en el mes de Mayo para la máquina inyectora de plásticos del 68% que indica un punto referencial para ser comparado con los estándares internacionales que indican que un OEE según Vorne (2018), en su página web que un nivel entre 61% al 84% se considera razonable, sin embargo, se sugiere que los indicadores deben rodear los siguientes valores: para la disponibilidad un 90%, para el rendimiento un 95% y para la calidad un 99% obteniendo un OEE del 85%. Por tanto, la evaluación indica que la máquina inyectora objeto de estudio cuenta con los siguientes valores: Disponibilidad 80%, rendimiento 90% y calidad 94% obteniendo un OEE del 68% que indica que este indicador debe ser mejorado.

Si bien el indicador OEE se presenta como una métrica para el punto de partida en la implementación de un plan de mejoras, se debe valorar en términos monetarios las pérdidas incurridas en la valoración obtenida, dado que las variables que afectan a la disponibilidad representan un 20% a ser mejorado, respecto al indicador de rendimiento se observa un 5% que se puede mejorar y respecto a la calidad la máquina representa el 6% de piezas que se producen son defectuosas.

En este contexto es necesario cuantificar las pérdidas ocasionadas por el desperdicio de tiempo, piezas mal producidas, paros de máquina que incurre en mantenimientos correctivos y sobre todo la deficiencia en la calidad, puesto que este último es muy importante, ya que representa el nivel de satisfacción para el cliente, de esta manera una vez realizadas las acciones necesarias se debe realizar una nueva evaluación para

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez: Edison Humberto-Medina

determinar el valor que se ganaría o se dejaría de perder que cantablemente debería haber afecciones al costo de producción.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos de la evaluación se indica varias conclusiones:

El indicador de Disponibilidad con el resultado obtenido en el mes de mayo, periodo definido para la evaluación es del 80%, teniendo como principales factores que inciden en la baja de este indicador los tiempos destinados para el consumo de alimentos y cambios de modelo donde se considera tiempo muerto, ya que la máquina no produce en este lapso de tiempo y hace que el tiempo productivo se vea disminuido.

Para el indicador de rendimiento se obtuvo el 90%, El 10% se ve afectado por la disminución de la velocidad, arreglos imprevistos en maquinarias y moldes, es necesario indicar que con este parámetro se mide la cantidad de producción comparada con la cantidad planificada, es decir mide el cumplimiento de piezas a producir, donde inciden directamente los paros de producción ocasionados por diferentes factores no planificados.

Mientras que, para el indicador de la calidad, que se obtuvo un 94%, se vio afectado por la cantidad de piezas que no poseen la calidad requerida, entre estos se compara con la calidad percibida de los clientes y se observa que los defectos son: Piezas con manchas en serigrafías, rayones y trizaduras, determinando así que los defectos se producen en el proceso de fabricación y que se los puede en primera instancia detenerlos para luego corregir los problemas de raíz.

La manera de corregir las desviaciones del indicador es determinar las causas de las desviaciones mismas que se han detallado; sin embargo, se sugiere la aplicación de teoría como Lean Manufacturing que cuentan con principios para abordar temas como Smed, tpm y 5 s que aportarían de forma significativa en la evaluación de eficiencia operacional.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A la Unidad Académica de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca por el apoyo permanente a los procesos investigativos.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Ahuja, L., Yèpez, N., & Pedroza, A. (2019). La relación entre gestión de la calidad total (GCT) y gestión de la tecnología /I+D (GT/I+D) en empresas de manufactura en México [The relationship between total quality management (TQM) and technology management/R&D (GT/R&D) in manufacturing companies in Mexico]. *Contaduría y Administración*, 65(1), 4-5. doi: [10.22201/fca.24488410e.2019.1698](https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1698)
- Corrales, L., & Hernández, M. (2020). Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches. *Applied Sciences*, 10(18):6469. <https://doi.org/10.3390/app10186469>
- Cruz-Medina, F. L., López-Díaz, A. del P., & Ruiz-Cardenas, C. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación [ISO 9001-2015 management system: Quality engineering techniques and tools for its implementation]. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1), 59–69. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v17.n1.2017.5306>
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma* [Statistical Quality Control and Six Sigma]. (e ed.). (P. E. Roing, Ed.) Santa Fe: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. doi:[978-607-15-0929-1](https://doi.org/10.1016/0013-788X(13)70029-1)
- Haddad, D., & Shaheen, B. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1):56-64 | DOI: [10.21062/mft.2021.006](https://doi.org/10.21062/mft.2021.006)
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Administración de Operaciones* [Operations Management]. (Séptima Edición ed.). México: Pearson Education.

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implementación [Lean Manufacturing Concepts, techniques and implementation]*. Madrid: Escuela de organización Industrial. <https://n9.cl/vn02>

Napitupulu, H. & Rahmadsyah, C. (2020). An Evaluation of the Effectiveness and Reliability of the Machines Using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Reliability Analysis Methods at the Tea Leaf Processing Plant PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Bah Butong. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1003 012052. doi:[10.1088/1757-899X/1003/1/012052](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012052)

INEC. (2012). Ecuador en cifras [Ecuador in figures]. Obtenido de <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/index.html>

Manzano, S., & Gisbert, V. (2016). Lean manufacturing: implantación 5S [Lean manufacturing: 5S implementation]. *3C Tecnología*, 5(4). doi:[10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26](https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26)

Marinho, P. et al. (2021). Selecting the best tools and framework to evaluate equipment malfunctions and improve the OEE in the cork industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(4), 286 – 298. <http://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-4-295>

Martínez, B. (2012). *Estadística y Muestreo [Statistics and Sampling]*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

MIPRO, & Flasco. (2011). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES [Monthly newsletter of sectoral analysis of MSMES]. Obtenido de <https://n9.cl/fd1in>

Mistel, A. et al. (2021). Assessment of overall equipment effectiveness according to OEE Methodology. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1889 042002. doi:[10.1088/1742-6596/1889/4/042002](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1889/4/042002)

Rahman, M., & Mohamad, E. (2020). Mejora de los datos de efectividad general del equipo (OEE) mediante el uso de la simulación como herramientas de toma de decisiones para el equilibrio de líneas [Improving overall equipment effectiveness (OEE) data by using simulation as a decision-making tool for line balancing]. *Revista indonesia de ingeniería eléctrica y ciencias de la computación*, 18(2), 1041. doi:[10.11591/ijeecs.v18.i2.pp1040-1047](https://doi.org/10.11591/ijeecs.v18.i2.pp1040-1047)

Juan Carlos Durán-Tenesaca; Verónica Paulina Moreno-Narváez; Edison Humberto-Medina

Sarria, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra-Herrera, C. C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing [Methodological model of lean manufacturing implementation]. *Revista Escuela De Administración De Negocios*, (83), 51–71. <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>

Setyawan, W., Sutoni, A., & Munandar, T. (2021). Método de cálculo y análisis de la eficacia general del equipo (OEE) y seis grandes pérdidas hacia la producción de corter manchines en Oni Jaya Motor [Method of calculation and analysis of overall equipment effectiveness (OEE) and six major losses towards the production of corter manchines at Oni Jaya Motor]. *Revista de Física*. doi:[10.1088/1742-6596/1764/1/012162](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012162)

SIPRO. (2020). Resultados Índice de Producción de la industria manufacturera [Manufacturing Industry Production Index Results]. Obtenido de <https://n9.cl/nu9g2>

Tari, J. (2000). Calidad total: fuente de ventaja competitiva [Total quality: source of competitive advantage]. Murcia: Espagrafic. <http://hdl.handle.net/10045/13445>

Vargas-Hernández, J. G., Jiménez Castillo, M. T., & Muratalla-Bautista, G. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing [Competitive production systems through the implementation of the Lean Manufacturing tool]. *Ciencias Administrativas*, (11), 020. <https://doi.org/10.24215/23143738e020>

Vorne. (2018). World-Class OEE. Obtenido de <https://www.oeo.com/world-class-oeo/>