

Improvement plan to reduce operating costs of Empresas Chang S.R.L.

Cory Alipio-Gordillo¹, Alexandra La-Cunza-Claudet¹, Loren Martin-Rodriguez¹, Kenyi Saavedra-Mendoza¹, Teodoro Geldres-Marchena²

¹ Industrial Engineering students from Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, N00043863@upn.pe, N00097598@upn.pe, N00105876@upn.pe, N00140138@upn.pe

² Industrial Engineering Professor at the Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, teodoro.geldres@upn.pe

Abstract— The objective of this study was to determine the effect of the implementation of an improvement plan in Chang S.R.L., a company dedicated to the production of sandal footwear. Historical and current data was acquired through interviews and documentary analysis, which resulted in a comprehensive diagnosis using FODA analysis, Porter's 5 Forces, Stakeholders, 5S initial audit, Pareto Diagram and PDCA. The problems encountered were uncoordinated production, the need for stock of materials, non-fulfillment of orders, machinery breakdowns and production losses. Improvement plan I was chosen and designed, consisting of: PMP, MRP, Heijunka, TPM, 5S and Poka Yoke that included Occupational Health and Safety standards, together with Environmental and Quality Management Systems with Peruvian technical regulations. The improvement plan was simulated using Ms. Excel software using the macro developer and the Monte Carlo method for the evaluation. A reduction of 78.01%, an IRR of 46%, a TMAR of 1.12% per month and an NPV of S/. 84,981.08 were found, which indicated the viability of the project due to the early return on investment. A cost benefit of 2.04 was also calculated.

Keywords—Cost; Production; TMAR; IRR; NPV.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.324>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Plan de mejora para reducir los costos operativos de Empresas Chang S.R.L.

Cory Alipio-Gordillo¹, Alexandra La-Cunza-Claudet¹, Loren Martin-Rodriguez¹, Kenyi Saavedra-Mendoza¹, Teodoro Geldres-Marchena²

¹Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, N00043863@upn.pe, N00097598@upn.pe, N00105876@upn.pe, N00140138@upn.pe

²Docente de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, teodoro.geldres@upn.pe

Resumen— El presente estudio tuvo como objetivo el determinar el efecto de la implementación de un plan de mejora en Empresa Chang S.R.L., la cual se dedica a la producción de calzado en sandalias. Se obtuvo data histórica y actual mediante entrevistas y análisis documental, que resultó en un diagnóstico integral utilizando el Análisis FODA, 5 Fuerzas de Porter, Stakeholders, auditoría inicial 5S, Diagrama de Pareto y DOP. Los problemas encontrados fueron: la descoordinación de la producción, necesidad de stock de materiales, incumplimiento de los pedidos, averías en maquinarias y mermas en la producción. Se eligió y diseñó el plan de mejora I compuesta por: PMP, MRP, Heijunka, TPM, 5S y Poka Yoke que incluyó estándares de Seguridad y Salud en el Trabajo, junto a los Sistemas de Gestión Ambiental y Calidad con las normativas técnicas peruanas. Se simuló el plan de mejora usando el software Ms. Excel empleando el desarrollador macro y el método de Montecarlo para la evaluación. Se encontró una reducción del 78.01%, un TIR de 46%, un TMAR de 1.12% mensual y un VAN de S/. 84,981.08, que indicó la viabilidad del proyecto por el retorno de inversión pronta. También se calculó un costo beneficio de 2.04.

Palabras claves—Costos; Producción; TMAR; TIR; VAN.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha percibido el afloramiento de diversos sectores industriales, los cuales repercuten ya sea de manera ínfima como vital para la economía de cada país en el mundo. El sector calzado está experimentando grandes transformaciones derivadas del proceso de globalización, ellos ponen en manifiesto la evolución de la producción y comercio a nivel mundial. Por lo que, las pequeñas, medianas y grandes empresas en el Perú constituyen un importante renglón en esta contribución, actualmente y hace ya varios años, se ha convertido en una alternativa de sostenimiento económico para centenares de familias. Sin embargo, no todas ponen en práctica herramientas de manufactura que le permitan un proceso productivo con objetivos al aumento y disminución de sus costos. Debido a ello, Ibarra presenta que, se deben adoptar nuevas técnicas para mejorar la competitividad y reducción de sobrecostos en sus esfuerzos por mantenerse al ritmo del mercado, una de ellas es la implementación de herramientas de Ingeniería, que reducirán la carga de trabajo, costos de producción, así como eliminar desperdicios y permitir que los materiales fluyan continuamente hasta que el cliente los reciba con una óptima calidad, al tiempo solicitado y la cantidad requerida [1]. La presente investigación se ejecutó en una representación perteneciente a este rubro, siendo Empresas Chang S.R.L. con RUC 20601906199, la cual tiene por Gerente General al señor Terry Chang, que inició sus actividades de fabricación de calzado de manera formal en el año 2017 en el distrito de El Porvenir de la ciudad de Trujillo; además de producir calzado casual para damas en líneas exclusivas de sandalias y botines, también comercializa al por mayor y menor. Su centro de

producción cuenta con tres niveles, el primero se ubica todo lo relacionado con el área de armado, el segundo para almacén, el último para las demás áreas. Su producción a la actualidad y teniendo en cuenta el COVID-19 que afectó a todos los sectores de la economía, tienen un promedio de 60 modelos para dos colecciones marcadas. La primera es verano – primavera y la segunda es otoño – invierno. A octubre de 2021 se terminó la segunda colección en donde se hizo notorio los principales problemas dentro de la línea productiva desde que regresaron a laborar después de las normas dispuestas por el Estado Peruano. En sus inicios por el año 2010, empezaron con un total de 7 máquinas para el proceso, hoy en día cuentan con 21 máquinas para las áreas de producción y con un total de 78 colaboradores en toda la fábrica en El Porvenir, a parte 2 colaboradores en la tienda de la ciudad de Lima.

Tocante a la problemática que la empresa presenta, se direcciona a realizar la siguiente pregunta de manera puntual: ¿Cuáles son las causas que generan sobre costos en la empresa? Esta fue dirigida al gerente general, jefe administrativo, jefe de producción, jefe de almacén, jefe de finanzas, jefe de contabilidad y jefe ventas; de la que se obtuvo mediante un diagrama de Pareto las 5 problemáticas que representan el 20% de las causas que generan el 80% de las consecuencias. Con los resultados se realizó un costeo general iniciando con el primer contexto de descoordinación de producción en referencia a la ausencia Plan Maestro de Producción se halló un costo pérdida de S/11,820.00 en el historial de tiempo establecido, ya para la segunda problemática en referencia al incumplimiento de pedidos se vio un costo pérdida de S/7,387.50 por mes que relaciona a una falta de Heijunka en el periodo base, ya para la necesidad de stock de materiales se calculó una merma en la utilidad por el costo de S/13,002.00 en el periodo de muestra que está vinculado por no implementar un Plan de Requerimiento de Materiales. Por otro lado, el no contar con un Mantenimiento Productivo Total se vio costos imprevistos de S/12,637.00 debido a paros y averías en la maquinaria en el tiempo base. Además, al no tener la implementación de las 5S's se encontró un costo pérdida mensual de S/293.13. Finalmente, se adicionó un costo pérdida de S/192.00 del intervalo de tiempo tomado por la falta de un Poka Yoke para una mejor calidad en el etiquetado de plantillas para evitar mermas de producción.

La situación actual de Empresas Chang S.R.L. precisa requerir la implementación de un plan de mejora para la solución de sus principales problemáticas referentes a la descoordinación de la producción, necesidad de stock de materiales, fallas y/o averías de maquinaria, mermas en la producción e incumplimiento de pedidos. Debido a ello, el presente estudio tiene una justificación válida al brindar a la comunidad científica y tecnológica datos actualizados sobre nuevos planes de diseño y sobre la importancia de la simulación

de las alternativas planteadas en el presente proyecto de implementación de un plan de mejora aplicando PMP, MRP, Heijunka, TPM, 5'S y Poka Yoke para reducir los costos operativos de Empresas Chang S.R.L. Esto con el fin de lograr visualizar resultados que se obtendrán del diseño planteado, a su vez, no comprometiendo a la empresa con la puesta en práctica del diseño que es aún una prueba piloto. En su investigación, Keiko Campos y Katya Cruz, determinaron que, aplicando la metodología de las 5S, PMP, MRP y TPM lograron reducir un 61.25% de los costos que se veían perjudicados que se cuantificó en S/ 10,306.66 de manera mensual; a la vez, lograron una disminución del tiempo perdido de un 50% a 5%, de igual manera obtuvieron un beneficio de S/ 1,924.61 [2]. Por otra parte, gracias al Sistema Poka Yoke lograron disminuir de 18 de las 27 fallas encontradas, todo ello implicaba una reducción del 67%. Sumado a ello, se redujeron movimientos innecesarios en el proceso productivo en un 43% [3]. En un estudio estableció que aplicando Heijunka hubo aumento en la productividad en un 62.70% puesto a que se organizó la producción en base al Takt time previamente obtenido. A su vez, se obtuvo que gracias a herramientas de diagnóstico como Ishikawa permitió conocer el costo de las causas raíz el cual ascendía a S/ 240, 461.21 [4].

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de investigación

El enfoque determinado de la investigación fue de diseño preexperimental con una prueba pretest – postest sin grupo de control. Se le denomina así cuando se mantiene bajo observación después de considerar ciertos factores como causa y efecto [5]. Para el estudio, el plan de mejora actuó como variable independiente y los costos operativos como variable dependiente. Bajo este diseño, es del tipo aplicada, pues permitió reflejar todos los conocimientos adquiridos en la formación universitaria y la consulta de fuentes confiables en cuanto a las herramientas que contiene el Plan de Mejora. A la vez de haber proporcionado a la comunidad científica y tecnológica una guía a modo de consulta sobre el impacto del plan de mejora tomando en cuenta la reducción de costos operativos en una empresa de calzado.

B. Diagnóstico Inicial

El estudio se desarrolló en Empresas Chang S.R.L., donde se empleó técnicas de recolección como encuestas al Gerente general junto a 7 colaboradores de la parte no productiva y análisis documental a lo largo del proceso productivo de las sandalias, con ello se empleó las metodologías del Análisis FODA, 5 Fuerzas de Porter, Stakeholders, auditoría inicial 5S, Diagrama de Pareto DOP. Estos permitieron conocer el entorno externo e interno en el que se encuentra la empresa, en cuanto a la auditoría, se obtuvo 45%, 30%, 35%, 63% y 20% para Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke respectivamente. Después, se usó la técnica de análisis de datos que fue la Priorización usada para el Diagrama de Pareto, que mostró a los principales problemas como: La descoordinación de la producción, necesidad de stock de materiales, fallas y/o averías de maquinaria, mermas en la producción e incumplimiento de pedidos, que tuvo un costo operativo pérdida mensual de S/45,290.01.

C. Restricciones realistas

1) *Factor técnico*: Colaboración de la empresa, este aspecto asume una gran importancia, pues muchas de las organizaciones recelan información propia y limitan la comunicación de lo solicitado. Complejidad técnica; se considera la puesta en marcha de herramientas

como el TPM o las 5s que ocasionan cambios en los procesos, pues poseen cierta complicación que pueden llegar a requerir de la necesidad de personal experto.

2) *Factor tiempo*: Tiempo de implementación; en relación con las propuestas, pues estas pueden llegar a incurrir en una gran demanda de esfuerzo que interrumpiría algunos procesos de producción al consumir este recurso. Demanda alta; se complica el concretar la propuesta debido a la poca disponibilidad de horas por la producción continua.

3) *Factor gestión*: Sobre los resultados del plan de mejora, se requiere comparar en los proyectos cual fortalecería el funcionamiento interno de la empresa para evitar pérdidas.

Posibilidad de éxito: Se califica la probabilidad de éxito de un proyecto pudiendo ser o no una solución de mejora.

Capacidad de planta: A la actualidad la empresa y en sus decisiones a corto plazo hasta un año, no tiene planes de ampliar la planta para contratación de más personal y producir por encima de lo que estiman, pues están en desarrollo de otro proyecto para la empresa.

4) *Factor sanitario*: Debido al COVID 19, la empresa se limita a recibir personas externas en cantidad para evitar exposición por aglomeración en la planta.

Continuidad de ingreso: Cantidad de ingresos limitados para la obtención de datos físicos propios de la organización, ya sean documentos o fotos.

Contagio: Ausencia de participación de parte de integrantes del grupo de estudio y/o miembros de la empresa debido a la infección del COVID 19.

5) *Factor financiero*: El costo de implementación es necesario definir cuales alternativas de solución son las que presentan un elevado, regular o bajo costo de proceso de accionamiento. Además, la capacidad de inversión propia, pues se debe analizar viabilidad de la ejecución de la alternativa con recursos propios, con la finalidad de no depender del financiamiento.

Acceso al financiamiento: Corroborar si la empresa es capaz de acceder al apoyo financiero para la implementación de las alternativas.

6) *Factor económico*: Resultados no favorables, pues las alternativas de solución no desarrollan la mejora estimada. También, la devaluación de moneda: Debido a la disminución del valor del Sol, los productos y servicios incrementan su precio.

7) *Factor político*: La inestabilidad política sobre la incertidumbre en el manejo presente y futuro de los gobernantes del país.

D. Alternativas de solución

TABLA I
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa	Herramientas de ingeniería	Puntuación
Plan de Mejora 1	Plan Maestro de Producción, Plan de Requerimiento de Materiales, Heijunka, Mantenimiento Productivo Total, 5S y Poka Yoke.	30
Plan de Mejora 2	Cantidad Económica de Pedido, Metodología de Clasificación ABC, Mantenimiento Productivo Total, Balance de líneas, Mapa de Flujo de Valor, Distribución de Planta y Planificación de los recursos de capacidad.	22

En la Tabla I, se planteó dos alternativas de solución para los problemas identificados; los cuales fueron la descoordinación de la

producción, necesidad de stock de materiales, incumplimiento de pedidos, fallas y averías de maquinaria y mermas en la producción.

En la primera alternativa se seleccionaron y costearon herramientas específicas para los problemas encontrados en la empresa, donde se priorizó que estos tengan el menor tiempo posible en cuanto a su implementación con los recursos que ya cuentan y apunten a reducir costos que no retribuyen; además de fomentar una cultura que permita el crecimiento de la organización y sea factible de aplicar, donde los colaboradores participen y estén totalmente comprometidos. Por otro lado, la segunda alternativa nos muestra que sólo para la distribución de planta, se tiene que mover todos los recursos tangibles y mostraría un esfuerzo radical del personal por el sitio de trabajo y no presentaría los resultados que se trazaron inicialmente e incluso requeriría de una inversión más fuerte por el mismo contexto de las herramientas de ingeniería industrial.

Con ello, se tomó a la escala de Likert para la calificación con puntuación de 0 a 4 a todos los factores de restricciones sobre la eficiencia, donde 1 fue muy bajo, 2 bajo, 3 intermedio, 4 alto y 5 muy alto. Según ello, se mostró que el Plan de Mejora 1 fue el adecuado para la implementación.

E. Selección de alternativa

Se eligió el plan de mejora 1 que incluyó las herramientas descritas en la Tabla I. En contexto, la empresa produce cinco modelos de sandalias en demasía, estas tienen el código de 101, 118, 185, 195 y 211; pues son las más requeridas en el sector limeño. A la actualidad no tienen un método de priorización a cerca de la cantidad que deben producir para completar su demanda y no produzcan de más un modelo diferente al otro. Se basaron en producir parecido los cinco modelos, para “llenar el mercado” a meses pasados sin un estudio adecuado. Además de solicitar materiales de manera inmediata y no haya con disponibilidad en almacén, el colaborador tiene que esperar un tiempo prudente hasta que consigan lo requerido. En la visita se observó a las áreas en total desorden, limpieza nula, pasillos obstruidos y con inexistentes indicadores para evaluar un programa de 5S, fuera de una auditoría externa. A ello, se le sumó los paros por averías o fallas en las máquinas, y es porque no cuentan con estándares en mantenimiento determinados por la lección de un punto hasta que los mismos colaboradores confirmen que su máquina no funciona al 100%. Por lo que, tienen que llamar a un técnico para que les dé mantenimiento a estos paros, tomando un tiempo de reparación de 60 a 90 minutos según el tipo parada y el tiempo hasta llegar a la planta de producción para arreglarla. Finalmente, mostraron mermas en producción, puesto que no existe un control de calidad o un manual estándar para ello.

Sobre el PMP, primero se realizó una proyección con los datos brindados por la empresa, ya que, por medio de este se revisan periódicamente los pronósticos del mercado, los pedidos de cliente, los niveles de inventario, la carga de instalaciones y la información de capacidad, de manera que puedan desarrollarse los programas maestros de producción. Otro aspecto básico es el calendario de fechas que indica cuando tienen que estar disponibles los productos finales [6].

La empresa al manejar cinco modelos de sandalias y no saber la exactitud de las docenas de cada una, la herramienta de Heijunka pudo nivelar la producción mensual sobre un programa exacto, que permitió continuar con la producción, obtenido mínimos inventarios con bajos costos [7].

En referencia al MRP, planificó las órdenes de compra en base a la demanda proyectada obtenida de la planificación maestra de

producción, teniendo en cuenta el stock inicial, lead time de los materiales y los tiempos de orden de pedidos [8]. Por lo que, la finalidad fue de contar con recursos necesarios para cubrir pedidos repentinos y/o urgentes, cuantificando un stock de seguridad que evite un inconveniente con los clientes.

Sobre el TPM, permitió solucionar problemas relacionados a las paradas, fallas o averías repentinas de una máquina mediante la integración del personal para la realización y detección de actividades imprevistas. Entonces, ante la excesiva cantidad de fallas que vinieron ocurriendo dentro de las máquinas del área de perfilado que generan tiempos muertos y muchas paradas. Puesto que la empresa vino aplicando un mantenimiento correctivo contratando a terceros y generando más costos. Es necesario un mantenimiento que prevenga estas paradas innecesarias [9]. Al utilizar esta eficaz herramienta se necesita que la alta dirección esté sumamente comprometida y sus colaboradores. Es ahí donde complementa las 5S, pues ello indica clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Con ello, se podrá llevar a cabo las demás alternativas de solución, ya que ninguna es automatizada.

En menciones finales se hace referencia del Poka Yoke, que permitirá mostrar a forma de guía de calidad para evitar no solo los reprocesos, sino también las mermas en la producción, y de esta manera, se pudo asegurar que se brinde la alternativa correcta y la empresa no siga cayendo en sobrecostos.

F. Diseño de la alternativa seleccionada

Se inició con la elección del rubro y empresa en la que se llevó a cabo el proyecto Capstone, resultando en el sector de calzado con Empresas Chang S.R.L. Se muestra en el flujograma como primer proceso a la reunión con la alta dirección de esta para la obtención de información de los problemas que generaron costos con el objetivo de su reducción por medio de un plan de mejora; además, se costearon según nivel de priorización con el desarrollo de un diagrama de Pareto. Para ello, se presentaron dos alternativas de solución, donde se optó por la primera pues involucró herramientas propias de Ingeniería Industrial como lo son el Plan Maestro de Producción (PMP), Plan de Requerimiento de Materiales (MRP), Heijunka, Mantenimiento Productivo Total (TPM), 5'S y Poka Yoke; estas se ordenaron de manera cronológica para la aplicación y el presupuesto respectivo con los riesgos que llevaron consigo. Asimismo, se visualiza la ejecución del diseño de capacitaciones sobre el plan de mejora en el que se planteó un comité de mejoría constituido por un coordinador general y 3 participantes para la dirección del rumbo del proceso. En referencia a la implementación de las 5S, se tomó en cuenta la realización de una auditoría inicial para el hallazgo del indicador, siguiendo con el diseño del desarrollo de la primera S. En la misma línea, se dató el pronóstico de ventas para el PMP y el cálculo de las órdenes de producción; con ello, se realizó el MRP para la consecución de las órdenes de aprovisionamiento, siguiendo con el orden de ejecución según el modelo basado en Heijunka.

Todo lo descrito anteriormente se documenta para el registro de la información y una futura sustentación y/o publicación en la medida que se requiera. Antes de la cuarta S, se diseñó el Poka Yoke y se desarrolló el TPM, en este caso se inició con la preparación, introducción e implantación y se culminó en la consolidación; a la par se diseñó la última S.

Para este proyecto, se ejecutó una simulación con todo el plan de mejora aplicado con el fin de la determinación de la relación del costo beneficio junto al porcentaje de reducción en los costos, siendo este el

objetivo principal. Y según ello, se guía para la implementación dentro de la empresa.

G. Identificación y selección de estándares

Inicialmente se eligieron nueve estándares, cinco de procedencia nacional y la otra, internacional. Todos ellos en atención al rubro de la empresa y sus ventajas competitivas con vistas al diseño del plan mejora 1, que direccionó a la reducción de costos operativos. Se valorizó según el grado de importancia de 0 a 4, que tomó en base la escala de Likert. Resultando nivel de priorización con valores de 3 a 4 un total de 7 estándares convenidos entre sí para su aplicación.

1) *Decreto supremo N° 005-2012-tr – Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud* [10]: Con priorización 4. Estándar que permitirá realizar el mapa de riesgo e IPERC según las condiciones que se presenten en la empresa para con los colaboradores. Modificó el detalle del diseño respecto al diseño de implantación de 5S, pues con los ajustes que indica por normativa, las primeras S proporcionarán un espacio de trabajo con bajas condiciones de riesgos que se verán estipulados en el mapa de riesgos e IPERC, ello también incluyó al TPM.

2) *Ntp 241.024:2009 Calzado. Etiquetado informativo para el consumidor. 2ª. Ed* [11]: Con priorización 4. Como la empresa busca crecer y exportar sus sandalias en un futuro cercano, se toma este estándar para no tener inconvenientes en la aduana, la etiqueta tendrá el nombre de la empresa, RUC y los materiales que componen las sandalias. Modifica el detalle del diseño en la herramienta Poka Yoke, pues será parte de ella al momento de implementarla, no solo para evitar productos defectuosos, sino que estos sean de calidad y se relacione con la ISO 9001:2015.

3) *ISO 14001:2015 – Sistemas de Gestión Ambiental* [12]: Con priorización 4. Con este estándar se podrá realizar un plan de gestión ambiental. Modifica el detalle del diseño en el TPM y 5S, pues realizar el mantenimiento previsto evitará contaminación de humo referente a las máquinas de cortado de láser. Además, que será parte de la estandarización y disciplina. A ello, se le agrega la gestión de residuos sólidos, parte de esta que van de la mano que las herramientas mencionadas.

4) *ISO 45005: 2020 - Gestión de la Seguridad y la Salud en el trabajo: directrices generales para un trabajo seguro durante la pandemia de COVID-19* [13, p. 2020]: Con priorización 4. Bajo las circunstancias de la pandemia, el estándar direccionará a ampliar lo estipulado en la ley N° 29783 y describir un plan para ello. Modifica el detalle del diseño en el TPM, ya que busca evitar accidentes de trabajo y en las 5S para manejar el tema del orden en el área de trabajo, además que se debe incluir los equipos de protección de seguridad como estipula la ISO, además de respetar el distanciamiento.

5) *Decreto legislativo N° 1278.- Ley de Gestión Integral de residuos sólidos* [14]: Con priorización 3. Este estándar será el eje principal de la ISO 14001, conllevando al detalle de un plan de residuos sólidos. Modifica el detalle del diseño del TPM y 5S, pues en sus respectivos planes se debe incluir la gestión de residuos sólidos que se puedan presentar el proceso de fabricar sandalias para el público, donde los principales intervinientes serán los colaboradores de la empresa, además de ser parte de la ISO 14001:2015.

6) *Resolución ministerial N° 170-2020- Produce protocolo sanitario de operación ante el covid-19 del Sector producción para el reinicio gradual y progresivo de actividades económicas de manufactura, de la fase 2 de la “Reanudación de actividades”, en materia de fabricación de calzado, con priorización 3. Estándar que permitirá el equilibrio entre la ley N° 29783 y la ISO 45005:2020* [15]: Con priorización 4. pues permitirá la ampliación de los protocolos para que la empresa esté actualizada y vele de manera correcta a todos sus colaboradores. Modifica el detalle del diseño del TPM y 5S pues permitirá la ampliación de los protocolos según la normativa peruana, la ISO 4505:2020 y la Ley 29783, que muestra las disposiciones básicas que debe cumplir los colaboradores de la organización, enfocándose de manera directa en el orden y limpieza para prevenir posibles casos COVID y estos no laboren, siendo una amenaza en la producción según sus planes de entrega y el número de personal con el que cuenta.

7) *ISO 9001:2015 – Gestión de la Calidad* [16]: Con priorización 4. El estándar conducirá a mejorar los procesos productivos, pues se detallará un plan de gestión de la calidad, iniciando con la política de calidad, objetivos medibles y demás requisitos para la empresa, con el fin de proporcionar a nuestros clientes satisfacción en su compra. Modifica el detalle del diseño del plan de mejora, que incluye herramientas como PMP, MRP, TPM, 5S, Poka Yoke y Heijunka. Para este penúltimo se hará hincapié en el capítulo 8, apartado 8.2, 8.3 y 8.7. Para las demás herramientas, esta ISO regula y pone como dirección a la satisfacción del cliente externo e interno y cumplir las necesidades requeridas con los recursos necesarios.

H. Formulación y cálculo de indicadores

TABLA II
MATRIZ DE INDICADORES

Herramientas	Indicador	Fórmula
Plan maestro de producción (PMP)	% sandalias no vendidas por incumplimiento de la demanda.	$= ((\text{sandalias demandadas} - \text{producción}) / \text{sandalias demandadas}) * 100$
Plan de requerimiento de materiales (MRP)	% sandalias dejadas de producir por tiempo de abastecimiento	$= ((\text{sandalias no producidos por tiempo de abastecimiento} / (\text{sandalias producidos} + \text{sandalias no producidos por tiempo de abastecimiento})) * 100$
Heijunka	% docenas de pedidos incumplidos por modelo	$= ((\text{docenas dejadas de producir} / (\text{producción} + \text{docenas no producidas por tiempo de abastecimiento})) * 100$
Mantenimiento productivo total (TPM)	% docenas no producidas de producir por tiempos de parada	$= ((\text{docenas no producidas por tiempo de parada} / (\text{docenas no producidos por tiempo de parada} + \text{docenas producidas})) * 100$
5S	% pérdida monetaria por extravío de materiales	$= (\text{costo perdido por extravío de materiales} / \text{ingreso mensual}) * 100$
Poka Yoke	% docenas de plantillas no conformes	$= ((\text{docenas de plantillas no conformes}) / \text{docenas de plantillas producidas}) * 100$

En torno a la problemática asociada con las herramientas, se costearon de manera que se determinó la reducción de los costos operativos y la influencia del plan de mejora 1. Por lo que, para PMP se encontró un costo pérdida de s/11,820.00 representando un 3.52% de este, para el MRP fue de S/13,002.00 especificando un 36.76%, sobre Heijunka fue de S/7,387.50 con el 2.15%, en TPM de s/12,595.38 que tuvo un equivalente de 36.46% y finalmente para las 5S un valor monetario de s/293.13 precisando un 0.09%.

I. Diseño de la simulación

Para la elección del modelo, inicialmente se propuso un software de simulación, donde se priorizó según la escala de LIKERT, obteniendo que para Odoo fue de 1, Montecarlo 3, Simulación con macros 4 y Promodel 1. Es así como se determinó el desarrollo directamente en el programa Microsoft Excel con la aplicación de macros para cada herramienta, pues fue lo más cercano al objetivo y a que se basó en costos de data histórica, antes que los tiempos en procesos productivos; a ello, se incluyó los planes de cada herramienta y los estándares de ingeniería. Además, se emplearon botones para la consecución de resultados de dos escenarios, siendo el pesimista y optimista de manera que se aprecie el cambio con cada clic y el impacto en sus indicadores. Otra razón pertinente por la cual se decidió finalmente por dicha simulación fue debido a que el equipo de trabajo tuvo conocimiento dinámico del desarrollo de macros para el entendimiento de los ítems, lo cual facilitó el acceso respecto a lo que se quería dar a conocer. Es así como exponemos motivos de peso que, para la ejecución del modelo de simulación de la alternativa de solución, no se requirió costos adicionales en el sistema, sino una capacitación del tema para ser óptimo a diferencia de Odoo, que si requería una cuota de mensualidad para el acceso a la plataforma. Por otro lado, está el modelo de Montecarlo, que se encontró conveniente para el Heijunka.

La simulación de los resultados de la implementación del plan de mejora seleccionado que incluyó el PMP, MRP, Heijunka, TPM, 5S y Poka Yoke; fue desarrollado a través de metodologías que englobaron el uso y programación de macros en el software Microsoft Excel, además del método Montecarlo en el mismo programa.

Se tuvo en primer lugar al PMP, que con los resultados a cerca de la producción y su demanda, se ejecutaron 2 escenarios posibles, siendo optimista y realista en cuanto al nivel de confianza del pronóstico de regresión lineal empleado (98% y 100%), ello con ayuda de la programación de macros para el cálculo del nuevo costo pérdida a que según la situación se vio reducido en un 100% o un 20%, asimismo, para el MRP se plantearon 3 situaciones relacionadas a los tiempos de abastecimiento de los materiales (planta PVC), siendo estas en un 100% en el mejor de los casos, 65% y 25%, estos dos últimos conforme al ajuste del pronóstico a los datos reales. Para el TPM y las 5S se efectuaron los pasos y se halló una variación del 100% calculando un costo pérdida mensual de S/ 12,784.38 gracias al TPM; a la vez, se valoraron 2 escenarios, uno optimista al 98% y otro pesimista al 50% obteniendo un costo pérdida anual de S/ 70.35 y otro de S/1758.80 respectivamente con la aplicación de las 5S; además, con la implementación del Poka Yoke se alcanzaron resultados de escenarios que redujeron el 35% de las no conformidades en las plantillas de cuero, siendo este el pesimista, y uno optimista de disminución del 85%, ello con ayuda de macros que permitieron el cálculo instantáneo de ambos resultados; en suma, el desarrollo del Heijunka con el que a través de los pronósticos obtenidos se realizó la distribución adecuada para la producción de los 5 modelos; siendo así

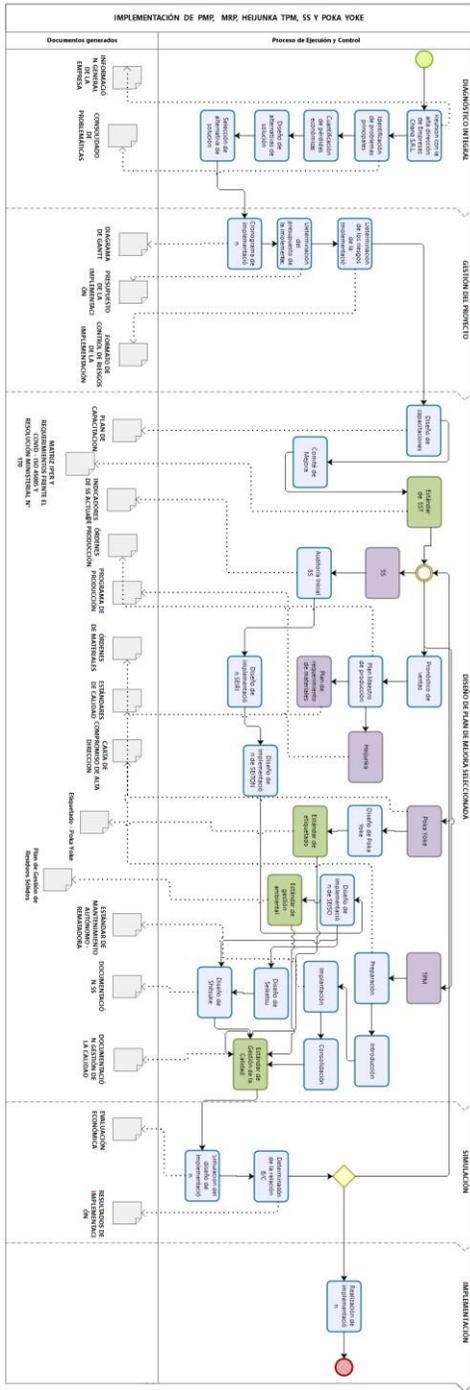


Fig. 1 Flujo del diseño de simulación que incluye dos escenarios.

En la Tabla II, estos indicadores se relacionaron directamente con los problemas, siendo costeados para el cálculo del monto antes de la implementación del plan de mejora 1. Cada indicador mostró el porcentaje en relación del parte – todo. La problemática de la descoordinación de la producción se asoció con PMP, la necesidad de stock de materiales con MRP, incumplimiento de pedidos con Heijunka, fallas y averías de maquinaria con TPM y mermas en la producción con 5S y Poka Yoke, en conjunto como el plan de mejora 1.

que a través del modelo Montecarlo se planteó escenarios que permitió la visualización de la reducción de 96.5% de los costos pérdida a S/. 276.92.

III. RESULTADOS

A. Simulación del plan de mejora

TABLA III
INDICADORES ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA

Indicador	Antes de la mejora		Mejora	
	%	Pérdida	%	Pérdida
% sandalias no vendidas por incumplimiento de la demanda.	3.25%	S/11,820.00	0.00%	S/0.00
% sandalias dejadas de producir por tiempo de abastecimiento	36.76%	S/13,002.00	0.00%	S/0.00
% docenas de pedidos incumplidos por modelo	36.42%	S/12,595.38	18.53%	S/8,600.00
% docenas no producidas de producir por tiempos de parada	0.09%	S/293.13	0.01%	S/38.66
% pérdida monetaria por extravío de materiales	2.99%	S/192.00	1.24%	S/120.00
% docenas de plantillas no conformes	2.15%	S/7,387.50	0.25%	S/1,600.00

En la Tabla III, al comparar los estándares de ingeniería con el plan de mejora diseñado, se estableció las modificaciones a efectuar para adecuarla a los estándares, lográndose como resultado variaciones estructurales y de detalle. Con respecto al área de mantenimiento se incorporaron actividades como el desarrollo de un mapa de riesgo e IPERC, además de la gestión de residuos sólidos.

En el área de calidad se añadieron actividades de desarrollo relacionadas con la Normativa Técnica Peruana, la ISO 9001:2015 y sus normas.

Para el área de seguridad y salud en el trabajo se adiciono las actividades basadas en la ISO 14001:2015, la normativa peruana y la Ley 29783.

Mediante el empleo del Método de Montecarlo se ejecutó la simulación de los datos con respecto a las docenas de sandalias no vendidas por el incumplimiento de pedidos por modelo, a través del empleo de aleatorios y el cálculo de la media como la desviación estándar. Para la obtención de los nuevos datos correspondientes al cálculo de los indicadores se empleó el desarrollador de macros proporcionado por el Software Excel, esto con el propósito de efectuar los cálculos repetitivos con una mayor rapidez con solo presionar un botón que contiene la asignación de la macro.

Por medio de la simulación del plan de mejora donde se efectuaron las herramientas: PMP, MRP, TPM, 5S, Poka Yoke y Heijunka, se logró con las dos primeras reducirse tanto el % Sandalias no vendidas por incumplimiento de la demanda como el porcentaje de sandalias dejadas de producir por tiempo de abastecimiento en su totalidad, es decir, de 3.25% y 36.76% respectivamente a 0%,

generando un beneficio neto de S/ 11,820 y S/13,002 nuevos soles correspondientemente. Esto es basado en el PMP, pues ajusta la producción a la demanda en el tiempo esperado, ya que anteriormente se había tenido pérdidas monetarias por producir demás.

Para las docenas de sandalias dejadas de producir por tiempos de paradas de máquina, ya sean por fallas o averías, se logró reducir la cantidad de sandalias no producidas de 21 docenas a 14 docenas, con respecto a una producción total de 581 y 800 docenas respectivamente, representando una reducción porcentual de 36.42% a 18.53%, que en valores monetarios es una disminución de S/ 3,995.38 nuevos soles.

Por otro lado, el % de la pérdida monetaria por extravío de Materiales, se logró disminuir el % de 0.09% a 0.01% generando la reducción de la pérdida monetaria de S/254.47 nuevos soles.

A propósito del % de docenas de plantillas no conformes, paso de un total de plantillas no conformes inicial de 16 docenas a 10 docenas mensuales, a su vez, a una producción total de 581 y 800 docenas respectivamente, se logró disminuir el porcentaje de 2.99% a 1.24% obteniendo una reducción de la pérdida a S/120.00.

Del mismo modo, el % de docenas de pedidos de sandalias incumplidos por modelo, se redujo porcentualmente en 1.9%, representando una reducción de la pérdida monetaria en S/6,187.5 nuevos soles.

B. Costos de implementación

TABLA IV

RESUMEN DE LA INVERSIÓN INICIAL

Tipo de inversión mensual	Inversión
Inversión por herramientas	S/10,296.92
Otras inversiones (Vehículo)	S/52,000.00
Auditoria inicial y derivados	S/1,000.00

En la Tabla IV se detalla la inversión inicial efectuada para el desarrollo del plan de mejora, como la inversión por las herramientas de mejora, la compra de un vehículo para el desenvolvimiento de las actividades de la empresa y la auditoria inicial.

Los costos asociados a la implementación del plan de mejora en la empresa Chang S.R.L, tal como la contratación de nuevo personal, mantenimiento y capacitación se proyectaron trimestralmente para un periodo de un año, resultando S/12,600.00, S/950.00 y S/7,000.00 por trimestre respectivamente.

TABLA V

RESUMEN DE FLUJO DE CAJA EN TRIMESTRES

Trimestres	1	2	3	4
Egresos	S/20,550.00	S/17,050.00	S/20,550.00	S/17,050.00
Ingresos	S/108,748.04	S/108,748.04	S/108,748.04	S/108,748.04
Flujo neto de efectivo	S/88,198.04	S/91,698.04	S/88,198.04	S/91,698.04

En la Tabla V se proyectó un flujo de caja trimestral, para el periodo de un año, considerando un flujo neto negativo total para el periodo 0 de S/63,296.92.

C. Evaluación económica

Para evaluar la viabilidad se calculó tanto el TMAR como el TIR. Para el primero se halló tanto la inflación media anual como el precio riesgo o costo de capital del accionista, en cuanto a la inflación media anual, se tuvo que recolectar información concerniente a la tasa de inflación del Perú en los últimos 5 años de [17] para luego hallar su tasa acumulada de 100, una vez hecho ello se calcula la media geométrica de dichos datos, con el propósito de solo determinar la

inflación neta expresada en porcentaje. En cuanto al precio riesgo (14.296%), para determinarlo se tuvo que recolectar información de la página Damodaran como el rendimiento sin riesgo (3.36%) y el rendimiento de mercado (11.64%), además del riesgo país (1.43%) proporcionado por el BCR y la beta apalancada (1.15), en donde el beta desapalancado es 0.94 y es obtenido de la página Damodaran, la relación deuda/ capital de 32.01% que es hallada de la división tanto entre la suma total de los egresos entre los ingresos y la tasa impositiva del 29.5% que se encuentra en la SUNAT; una vez efectuado los cálculos anteriores se halla el valor del TMAR que es de 16.91%.

Por otro lado, para el cálculo del TIR se determinó con los datos obtenidos del flujo de caja, siendo este 46%, con este cálculo y el de la TMAR nos damos cuenta de que el proyecto si es viable y por lo tanto aceptado, ya que el TIR > TMAR.

IV. DISCUSIÓN

Se logró una mejora del 96.5% en la distribución de su producción, visualizando un aumento de sus ingresos en S/. 7,318.8 [18], estos resultados externos permitieron obtener una base para guiar nuestro objetivo; tomando en cuenta las mejoras que realizaron, se decidió aplicar y contar con resultados que le brindó a Empresas Chang S.R.L. una reducción de sus costos iniciales, pero resaltándoles la importancia de cumplir con la información entregada para que la empresa continúe mejorando.

Con ayuda de la programación de macros en Excel, se enfocó en 2 escenarios más probables como resultados de una simulación y basándonos en el antecedente del trabajo de investigación, el cual logró una disminución del 44% de productos defectuosos debido a la implementación de un Poka Yoke [19]; se da una base de objetivo y una relación de escenarios posible, el cual podemos percibir, en el que al desarrollar e implementar un molde de la plantilla se puede conseguir un sellado alineado del logo de la empresa con los datos del historial de plantillas no conformes. En el primer escenario simulamos un resultado de costo de pérdida de S/ 1,548.00 al año de proyección, siendo una disminución del 35%.

En general y en base a sus resultados, los cuales gracias a las herramientas lean como el TPM y el MRP se logró obtener una reducción de costos operativos del 61.25% de manera mensual [2]; sumado a ello, con el análisis del trabajo de investigación donde se obtuvo una disminución del 44% de los costos generados por desperdicios debido a la implementación de herramientas lean como las 5S y Poka Yoke [19]. Todo lo mencionado anteriormente, sirvió como guía para lograr el objetivo general del trabajo aplicando herramientas lean tales como PMP, que ajustó la demanda con la producción, MRP, Heijunka, Poka Yoke, TPM y 5S para reducir costos operativos en la empresa de Empresas Chang S.R.L., disminuyendo en un 78.01% debido a las herramientas de ingeniería.

IV. CONCLUSIONES

Se diagnosticó integralmente a Empresas Chang S.R.L. y se encontró diferentes problemáticas de las que con el análisis de Pareto se identificó las más recurrentes tales como la descoordinación de la producción, incumplimiento de los pedidos, necesidad de stock de materiales, averías en las máquinas y mermas en la producción; en base a ello se estableció como mejor alternativa a implementar el conjunto de herramientas propias de Ingeniería Industrial que engloban al Plan Maestro de Producción (PMP), Heijunka, Plan de Requerimiento de Materiales (MRP), Mantenimiento Productivo Total (TPM), 5S y Poka Yoke.

Se calculó el costeo general, para el primer contexto de descoordinación de producción en referencia a la ausencia PMP se halló un costo pérdida de S/11,820.00 en el historial de tiempo establecido, en referencia al incumplimiento de pedidos se valorizó en un costo pérdida de S/7,387.50 por mes que relaciona a una falta de Heijunka en el periodo base, ya para la necesidad de stock de materiales se calculó una merma en la utilidad por el costo de S/13,002.00 en el periodo de muestra que está vinculado por no implementar un MRP, en relación con el no contar con TPM se vio costos imprevistos de S/12,637.00 por paros y averías en la maquinaria en el tiempo base, por la falta de la implementación de las 5S se encontró un costo pérdida mensual de S/293.13, para finalmente percibir un costo pérdida de S/192.00 del intervalo de tiempo tomado por la falta de un Poka Yoke para una mejor calidad en el etiquetado de plantillas para evitar mermas de producción.

Se realizó la comparación de los costos antes de la implementación de las herramientas con el después en un escenario realista, se puede percibir una variación positiva en la disminución de egresos, puesto que, en caso al primer punto, inicialmente se contaba con un costo pérdida de S/11,820.00 y ya después del desarrollo del PMP, se consiguió minimizar completamente el costo. En el segundo punto, antes de la implementación de Heijunka se contaba con un costo valorizado en S/7,387.50 y después de ello se logró un costo de S/1,200.00, teniendo así un beneficio de S/6,187.50; para el contexto de antes del MRP, se tenía un costo pérdida de S/ 13,002.00 y ya con la implementación se redujo todo el egreso referente a ello, obteniendo así el ahorro total.

Se evaluó económicamente de Empresas Chang S.R.L., el cual permitió calcular un flujo de caja mensual de un escenario “más realista” en el periodo de un año desde noviembre 2021 a noviembre 2022, en el que se halló un TIR del 46% y un VAN de S/85,649.85, ambos resultados positivos de la implementación a pesar del contexto, teniendo así un costo beneficio de 2.04 lo que indica una ganancia de 1.04 por cada sol invertido; asimismo se obtuvo el TMAR de 1.12%.

REFERENCIAS

- [1] V. Ibarra-Balderas y L. L. B. Ballesteros Medina, «Manufactura esbelta», *ConCiencia Tecnológica*, n.º 53 (Enero-Junio), pp. 54-58, 2017.
- [2] K. M. Campos Saldaña y K. X. Cruz Céspedes, «Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para reducir costos en la empresa Calzado Delpiero S.A.C – Trujillo», 2019. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22227?show=full> (accedido 28 de noviembre de 2021).
- [3] M. J. D. Campos Huamán, «Aplicación de Lean Manufacturing para reducir costos del proceso productivo de la Empresa Lantana Calzados, 2018», 2018. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27718> (accedido 28 de noviembre de 2021).
- [4] Y. R. Argomedo Arista, «Propuesta de implementación de herramientas lean production y su influencia en la productividad de Calzados Amer», 2020.
- [5] S. M. C. Valdez, Ó. A. E. del Villar, y L. R. Moreno, «Diseños preexperimentales y cuasiexperimentales aplicados a las ciencias sociales y la educación», *Enseñanza e Investigación en Psicología*, vol. 2, n.º 2, Art. n.º 2, may 2020.
- [6] N. S. Cossío, E. O. Crespo, L. R. Cariba, y M. Yakcleem, «Plan maestro de producción de una empresa textil. Caso de estudio de Imbabura, Ecuador», *Revista UNIANDÉS Episteme*, vol. 5, n.º 4 (Octubre-diciembre), pp. 448-462, 2018.
- [7] W. J. Arteaga Sarmiento, D. C. Villamil Sandoval, y A. Jesús González, «Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca», 2019. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2422-42002019000200060 (accedido 6 de octubre de 2021).
- [8] J. Mula, R. Poler, y J. P. García, «Evaluación de Sistemas para la Planificación y Control de la Producción», *Información tecnológica*, vol. 17, n.º 1, pp. 19-34, 2006, doi: 10.4067/S0718-07642006000100004.
- [9] M. S. Carrillo Landazábal, C. G. Alvis Ruiz, Y. Y. Mendoza Álvarez, y H. E. Cohen Padilla, «Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la

- calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia*», *Signos*, vol. 11, n.º 1, pp. 71-86, ene. 2021.
- [10] Gobierno del Perú, «Decreto Supremo N° 005-2012-TR», 2016. <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/462577-005-2012-tr> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [11] Instituto Nacional de Calidad, «CALZADO. Designación de tallas», *INACAL portal*, 2016. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [12] ISO, «ISO - Familia ISO 14000 - Gestión medioambiental», *ISO*, 2015. <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [13] ISO, «ISO/PAS 45005:2020», *ISO*, 2020. <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/42/64286.html> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [14] Sistema Nacional de Información Ambiental, «Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos», *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*, 2016. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [15] Gobierno del Perú, «Resolución ministerial N° 170-2020 Produce protocolo sanitario de operación ante el covid-19 del sector producción para el reinicio gradual y progresivo de actividades económicas de manufactura, de la fase 2 de la “Reanudación de actividades”», 2020. <https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/656502-170-2020-produce> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [16] ISO, «ISO 9001 - Sistemas de Gestión de Calidad», 2015. <https://www.isotools.org/normas/calidad/iso-9001/> (accedido 25 de octubre de 2021).
- [17] Statista, «Tasa de inflación en Perú 2020», <https://es.statista.com/estadisticas/1190212/tasa-de-inflacion-peru/> (accedido 5 de febrero de 2022).
- [18] C. J. Flores Allemant y B. B. Laguna García, «Propuesta de implementación de un sistema de planificación y control de operaciones para una MYPE de calzado utilizando inventarios agregados, MRP/CRP y Heijunka», *Pontificia Universidad Católica del Perú*, mar. 2020, Accedido: 28 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16102>
- [19] J. J. Martínez Obando, «Implementación de lean manufacturing para disminuir los costos por desperdicios del área de producción de la empresa de calzados Luana S.A.C, 2019», *Repositorio Institucional - UCV*, 2020, Accedido: 28 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45936>