

Lean Manufacturing y reparación de incidentes en enlaces de telecomunicaciones 

Lean Manufacturing and resolution of incidents in telecommunications links

Hugo Iván Ticona Gregorio  

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen

La presente investigación de tipo experimental tiene como variable dependiente al proceso de resolución de averías de una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones y como Variable Independiente a la aplicación de herramientas Lean Manufacturing. Se empleó el SIPOC para obtener una rápida perspectiva del proceso de Resolución de Averías, el Modelo Kano para ayudar a definir la Voz del cliente o los atributos de calidad que debe alcanzar las salidas del proceso. También se usó la herramienta 5WHYs para la identificación de la causa raíz y la estandarización para homogeneizar la forma de ejecutar las tareas. A fin de Cuantificar el impacto de la variable independiente sobre la dependiente, se contrastó los valores de los indicadores del Estado Inicial con los obtenidos en el periodo de control luego de la aplicación. Como resultado, se obtuvo una reducción de 47.4% en el Lead Time promedio y un incremento del Yield en 24.3%. El Yield representa el % de averías cerradas con un Lead Time menor igual a 96 Horas.

Palabras Claves: Lean, telecomunicaciones, SIPOC, 5Porques, Trabajo estandarizado, Lead Time

Abstract

The present experimental research has as a dependent variable the fault resolution process of a telecommunications service provider company and as an independent variable the application of Lean Manufacturing tools. The SIPOC was used to gain a quick overview of the Troubleshooting process, the Kano Model to help define the Voice of the Customer or the quality attributes that the process outputs should achieve. Also, the 5WHYS tool was used for root cause identification and standardization to homogenize the way tasks are executed. In order to quantify the impact of the independent variable on the dependent variable, the values of the indicators of the Initial State were contrasted with those obtained in the control period after the application. As a result, a 47.4% reduction was obtained in the average Lead Time and an increase in the Yield of 24.3%, which represents the % of closed incidents with a Lead Time less than 96 Hours.

Keywords: Lean, telecommunications, SIPOC, 5WHYS, Standard Work, Lead Time

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones corporativas, a raíz de la pandemia del COVID19 reafirmaron su importancia estratégica para la economía de los países ya que dieron el soporte necesario para darle continuidad a las operaciones de los diferentes tipos de actividades empresariales. Es un sector que se encuentra en un marco de transformación acelerado por las nuevas tecnologías, así como por las exigencias de las empresas cliente. Al respecto, Huyshyar et al (2021) afirma que las empresas proveedoras de servicios de comunicaciones para el 2030 se habrán transformado en proveedores de servicios digitales, que la transformación no sólo es tecnológica, sino que también debe ser cultural para que pueda tener éxito en poner al cliente al centro de la cadena de valor de su operación, remarcan que la transformación es el camino que deben seguir las empresas proveedoras de servicios comunicaciones para evitar la ruta del desastre.

El CD1N es un grupo operativo de una empresa proveedora de servicios de comunicaciones que da atención regional, está encargado de la detección proactiva de averías y de iniciar el diagnóstico inicial a fin de resolverlas, en caso de que no poder hacerlo, deriva la avería al CD2N, grupo que se encargará de la gestión hasta la resolución de la avería. Las averías poseen formas diversas de presentarse y requiere revisión en las tres primeras capas del modelo OSI (Open System Interconnection Model), la complejidad inmersa en la labor de Reparar una avería en un enlace de comunicaciones crea escenarios propensos a generar desperdicios. Según Peterson y Davie (2021), el modelo OSI divide la complejidad técnica de la comunicación entre dos computadoras en 7 capas. Las averías en los enlaces se ubican en las 3 primeras capas de OSI: Física, Enlace y de Red, en esta última capa se utilizan las direcciones IP (Internet Protocol).

Problemática

El *Lead Time* (LT) promedio mensual de las averías detectadas de forma proactiva sobrepasa las 72 horas a pesar de que el Cycle Time (Tiempo neto de reparación) ostenta un promedio mensual habitual menor a 4 horas, lo que genera la siguiente problemática:

- Que el cliente sufra demoras en recibir el informe sobre la avería.
- Que los Ingenieros del CD2N tengan asignados una cantidad de incidentes mayor a lo que pueden atender diariamente.
- Que la supervisión pierda visibilidad de las averías críticas debido a la cantidad de averías abiertas.

La problemática anterior se hace aún más complicada por la naturaleza aleatoria con que se presentan las averías tanto en forma como en cantidad.

OBJETIVOS

- [1]. Reducir el *Lead Time* promedio del proceso de resolución de averías con detección proactiva, a un valor menor igual a 60 horas. El *Lead Time* es el tiempo de vida de un ticket de avería.
- [2]. Incrementar el *Yield* a un valor mayor igual a 75%. El *Yield* representa el % de averías cerradas con un *Lead Time* menor igual a 96 Horas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Antecedentes

En Colombia, León et al. (2017), revisó la aplicación de Lean en diversas industrias y concluyó que el seguimiento de indicadores, compromiso de la dirección, liderazgo y entrenamiento son factores claves de éxito, siendo el primero el más relevante. Sarria et al. (2017), en un estudio similar, concluyó que un factor de no éxito es la falta de una metodología y plantea una que inicia con la herramienta 5S. Martínez et al. (2015), desarrolló una propuesta para reducir el tiempo de espera de los pacientes en un centro de salud, hizo un estudio de campo para conocer el proceso, usó el diagrama de Spaguetti para determinar el recorrido de los pacientes dentro del centro de salud. Arrieta (2014) en su propuesta para aplicar Lean en una empresa textil, identificó el desperdicio usando el Análisis de Valor Agregado y resalta el aporte de las herramientas Value Stream Mapping y 5S, sobre esta última destaca que facilita la labor diaria.

En Perú, Almanza (2020) mejoró el proceso de fabricación de hilo de alpaca aplicando herramientas de innovación y Lean, describió que en el sector textil existen problemas de desorden, ineficiencia en el transporte y tiempo de espera extenso, para gestionar dicha problemática utilizó 5S y Heijunka, esta última con la finalidad de evitar puestos de trabajos aislados que fomenten almacenamientos innecesarios, también recomienda la capacitación de las personas involucradas en el proyecto. Chumacero (2019) usando Lean mejoró el proceso de compras de una empresa que provee seguridad electrónica y protección contra incendios, hizo el diagnóstico de la situación inicial aplicó encuestas a los expertos del proceso a mejorar y también identificó las actividades claves, usó las herramientas Value Stream Mapping y 5S, obteniendo como resultados una mejora de 83% en la reducción del tiempo.

Escudero (2020), aplicó herramientas *Lean Manufacturing* en una empresa dedicada a la producción de pizzas, su investigación se centró en el proceso de armado de estas. En su análisis de estado inicial, encontró desplazamientos de personal innecesarios causados por el orden en que estaban dispuestos los insumos y herramientas. Obtuvo una mejora del *Lead Time* de 99% aplicando VSM, 5S, Gráfica de equilibrio y Manufactura celular. Otro aspecto positivo de la aplicación fue el incremento de la productividad usando menor cantidad de operarios.

Marco Teórico

Independiente de la industria en que se vaya a aplicar la mejora de procesos, se busca reducir a su mínima expresión la no conformidad, la cual puede poseer diversas definiciones, por ejemplo, podría ser que una tarea se desarrolle en un tiempo mayor que lo teóricamente proyectado o que se haga dentro del tiempo proyectado, pero sin cumplir los atributos de calidad. El mayor tiempo que toma la ejecución de una tarea podría estar altamente relacionada a la presencia del desperdicio. Según Maharshi (2019), se pueden encontrar dos tipos principales de no conformidad, la esporádica y crónica. La crónica es sobre la cual podemos encontrar estadísticas dada su continua ocurrencia.

Protzman et al. (2019) afirma que al mejorar un proceso se busca aportar al cumplimiento de los objetivos de la compañía, a su vez, Carreira (2005), indica que las compañías buscan desarrollar productos cuya venta genere beneficios. Para Kafka (2013) el producto es una agrupación de atributos que resulta de hacer un conjunto de actividades organizadas, además dice que es parte del proceso siguiente.

Lean posee una variedad de definiciones, así como una diversidad de combinación de términos, por ejemplo, *Lean Manufacturing*, *Lean Production*, *Lean Construction*, *Lean Management* y *Lean Thinking* entre otras, fruto de la evolución del concepto Lean, así como de la diversidad de áreas donde ha encontrado aplicación exitosa. Wilson (2010) indica que las definiciones de *Lean Manufacturing* y *Lean Production* son intercambiados frecuentemente y que se puede decir que Lean es una filosofía que busca formas de producción más eficientes en base a la reducción del desperdicio. Para Helmod (2020), Lean transparenta los desperdicios e introduce mejoras que añaden valor desde la mirada del cliente quien es la parte central del *Lean Management*, también, indica que las mejoras generan ahorros de tiempo, dinero y esfuerzo, adicionalmente, resalta que Lean fomenta la responsabilidad y un rol activo del colaborador al implicarlo en la mejora.

Para Carreira (2005), si el desperdicio no está bien definido, se complica su eliminación, resalta la importancia del entrenamiento del personal para facilitar la identificación y posterior eliminación del desperdicio. Earley (2017), señala que hay siete tipos de desperdicios: el movimiento de las personas, tiempo de espera por algo necesario, sobre procesamiento por realizar más de lo necesario, defectos al producir fuera de las especificaciones, sobre inventario por tener material esperando a ser usado y finalmente, transporte que viene a representar el movimiento de los productos. Protzman et al. (2019) añade 2 tipos más, desperdicio, el del talento al asignarlos a tareas por debajo de sus capacidades y de recursos, al invertirlos en actividades donde no son necesarios, también el autor señala la falta de estandarización del trabajo y de la voz del cliente como dos fuentes que originan el desperdicio.

Lean posee diversas herramientas para cumplir con su cometido, Sarria et al. (2017) encontró que las herramientas Lean listadas por los diversos autores que consultó, variaban de 16 a 100. Por otro lado, Earley (2017) afirma que se debe reconocer cual es el desperdicio que está produciendo un proceso, antes de empezar con la tarea de eliminarlo, para ello se tiene que identificar de forma clara, cuáles de las actividades dentro del proceso aportan valor desde la perspectiva cliente. De lo anterior se puede inferir que la eliminación del desperdicio sigue un orden en el cual lo primero es elegir el proceso a mejorar, identificar y describir las actividades que ocurren dentro del proceso, valorar si las actividades generan valor o no desde la perspectiva cliente.

Mejorar un proceso implica previamente conocerlo, la herramienta SIPOC permite ese conocimiento, está formado por las iniciales de Supplier, Input, Process, Outcome y Customer. Según Feld (2001) y Maharshi (2019), SIPOC es una herramienta que permite conocer a los proveedores del proceso, las etapas del proceso, así como a sus principales clientes.

La voz del cliente constituye el punto de partida en Lean, la herramienta Modelo Kano es una alternativa que permite conocerla, sobre ella Protzman et al. (2019), indica que divide los atributos de calidad en tres tipos, must have o necesidades básicas, porque de no ser cumplidos generan insatisfacción en el cliente; los que añaden más valor o Nice to have; Delighters, que generan una percepción agradable de sorpresa del cliente y de ser cumplidos regularmente se volverán del primer tipo, must have.

Para King (2019), los Five Whys (5WHYs) es una herramienta Lean que permite profundizar en el análisis de un problema haciendo 5 preguntas con el objetivo de encontrar las causas raíz. Luego de encontrar la causa raíz, sigue la solución, al respecto Maharshi (2019) indica que el proceso de solución tiene dos partes: la solución actual, que minimiza o elimina el problema en el presente y la solución perpetua que se logra cuando el problema ya no vuelve a aparecer en el periodo de observación fijado por una estrategia y como resultado se tiene un estándar para el nuevo proceso o método. King (2019), también indica que la herramienta Standard Work se usa para el establecimiento de una rutina de tareas definida que debe ser seguida por las personas que llevan a cabo dicha tarea

Metodología

- Población de estudios: averías con detección proactiva y derivadas al CD2N para su resolución, se excluyó las averías causadas por problemas masivos.
- Se usó una muestra no probabilística, conformada por 29 averías individuales cerradas para calcular las condiciones iniciales a través de los indicadores *Lead Time* y *Yield*.
- Para obtener una perspectiva general e identificar al principal cliente del proceso se usó la herramienta SIPOC con ayuda de 2 expertos en el proceso del CD2N.
- Se usó el modelo Kano para determinar los atributos de calidad que debe cumplir el entregable del CD2N.
- Se aplicó la herramienta 5Whys para encontrar las causas raíz sobre los que tendría que enfocarse la propuesta de mejora.
- Se aplicó la herramienta Standard Work a fin de construir la propuesta de mejora.

- Se estableció 6 semanas de control (C1 a C6), c/u de estos grupos conformados por 10 averías registradas en orden de llegada.
- Se explicó a los ingenieros encargados del proceso, la nueva estrategia.
- Se registró y procesó la información del periodo de control usando EXCEL y Minitab para las pruebas de Hipótesis.
- Se hizo la prueba de Normalidad a los valores de LT y *Yield*,
- Para la prueba de hipótesis se usó *Minitab*, y se aplicó el estadístico t, prueba de una muestra simple con opción de datos Sumarizados.

RESULTADOS

En la Figura 1 se puede apreciar el resultado de aplicar la herramienta diagrama SIPOC

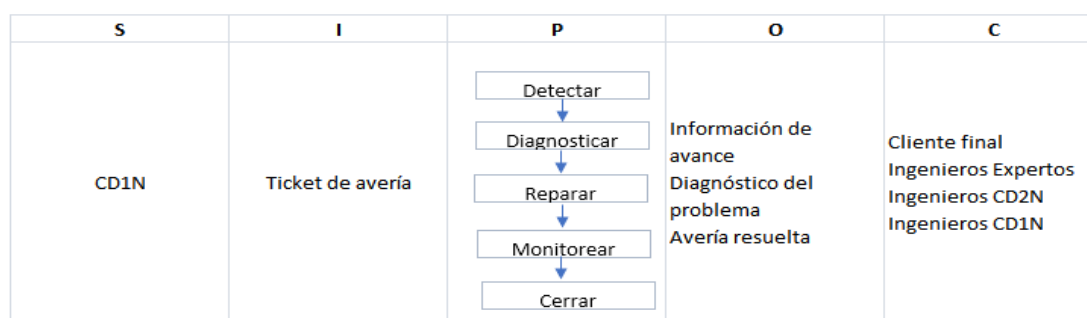


Figura 1. Resultado de Aplicación SIPOC

Fuente: Elaboración propia

Detectar: Se refiere a que en el CD2N deben darse cuenta de que les ha sido derivado un ticket proactivo desde el CD1N.

Diagnosticar: se revisa la información contenida sobre el diagnóstico previo realizado en el CD1N y se realizan pruebas técnicas complementarias.

Reparar: referida a las acciones asociadas a recuperar la normal operatividad del servicio.

Monitorear: Busca asegurarse que el enlace no presente nuevas complicaciones.

Cerrar: se redacta el informe que se enviará al cliente.

El resultado de la aplicación del modelo Kano se muestra en la Tabla 1

Tabla 1. Aplicación del Modelo Kano

Categoría	Atributos
Must Have	MH1: LT promedio mensual \leq 60 Horas
	MH2: Yield, el 80% de los casos debe ser cerrado con un LT \leq 96 Hrs
Nice To Have	NTH1: Configuración del autoclose a cargo del ingeniero que resuelve el problema.
	NTH2: Iniciar acciones correctivas complementarias
Delighters	D1: Proponer acciones de mejora

Fuente: Elaboración propia

Con la muestra de incidentes se determinó el estado actual del proceso, ver Tabla 2.

Tabla 2. Valores de Lead Time y Yield en el Estado Inicial (E0)

LT(Hrs)	Yield (%)
76.2	72.4%

Fuente: Resultados de análisis de información histórica

La mejora se centró en cumplir los atributos must have. MH1 y MH2 son alcanzables con la reducción del LT, se optó por trabajar con el MH2 ya que de la muestra se ve que hay valores muy altos de LT que influyen en el Yield. Se usó 5WHY para el análisis de causa raíz del LT

P1. ¿Por qué hay averías que tienen un LT mayor a 76,2 horas?

Por el tiempo de monitoreo, que es el tiempo que transcurre desde la reparación hasta el cierre.

P2. ¿Por qué el tiempo de monitoreo es prolongado?

Debido a que cada ingeniero establece un tiempo a su criterio.

P3. ¿Por qué cada ingeniero aplica su criterio?

Porque no hay un estándar que regule el monitoreo y adicionalmente algunos tipos de averías que requieren mayor tiempo de monitoreo.

P4 ¿Por qué algunos tipos de avería requieren mayor tiempo de monitoreo?

Porque no se logró identificar la causa del reporte de avería o al momento de la revisión no se encontró irregularidades, lo que deriva en incertidumbre.

P5 ¿Por qué en algunos casos no se logra identificar la causa del problema?

Porque no se encuentran irregularidades que coincidan con el inconveniente reportado por el cliente, en otros casos el diagnóstico no fue realizado de forma eficiente.

A fin de ahondar en la respuesta de P1, se hace un 5WHY complementario:

P6. ¿Por qué se dice que hay averías que permiten ser cerradas antes de las 76.2 horas, pero no se está aprovechando ello?

Porque las causas de avería están plenamente identificadas pero el cierre demora.

P7. ¿Por qué ese tipo de averías no se cierra antes de las 76.2 horas?

Por qué el trabajo en el CD2N es rotativo y cuando el ingeniero que toma el caso no encuentra la información suficiente.

P8. ¿Por qué se encuentra complicado proceder con el cierre?

Por la falta información básica: hora de reparación, persona que da conformidad.

P9. ¿Por qué esa información básica no está disponible en el ticket de avería?

Porque no todos los ingenieros la registran acordemente. A veces si está la información, pero de forma dispersa en varios registros que dificulta el rápido entendimiento.

P10. ¿Por qué esa información no es siempre registrada acordemente?

Porque el ingeniero realiza muchas actividades, en promedio debe gestionar de 8 a 15 averías en turnos de 8 horas, lo que causa que a veces se le olvide registrar detalles importantes para el cierre del incidente.

La Tabla 3 muestra el resultado de aplicar los 5 Whys.

Tabla 3. Resultados 5Whys, Causas raíz

Causa Raíz	Herramienta por usar
En el diagnóstico no se encuentra irregularidades coincidentes con lo reportado o el diagnóstico no fue realizado de forma eficiente	Estandarización del trabajo
Porque el ingeniero realiza muchas actividades y a veces se le olvida registrar detalles importantes para el cierre del incidente.	

Fuente: Elaboración propia

Propuesta de Solución

Se aplicó estandarización del trabajo para crear la propuesta de mejora, ver Tabla 4.

Tabla 4. Propuesta de Mejora - Aplicación de Standard Work

Etapa	Nº	Revisión/ acción estándar	¿Cómo?	Responsable
Diagnóstico	D1	Consumo de ancho de banda, últimas 3 horas	Software de monitoreo de consumo de tráfico	Ingeniero que realiza el diagnóstico
	D2	Estado de BGP en la última milla	routers	
	D3	Estado de última milla, últimas 3 horas	Log de routers	
	D4	Hora de detección del problema según cliente	Información del ticket o llamada telefónica	
Monitoreo	M1	Colocar hora de inicio del monitoreo	Registro en el sistema	Ingeniero que resuelve el problema
	M2	Colocar Duración del Monitoreo: 24H, 36H		
	M3	Describir el Problema, causa y la acción de resolución		
	M4	Establecer Rutina de monitoreo		

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones obtenidas durante los 6 periodos de control se aprecian en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de LT y Yield en los 6 periodos de Control

Periodo	C1	C2	C3	C4	C5	C6
LT (Hrs)	39.9	46.5	54.9	48.6	24.5	26.3
Yield (%)	90.0%	90.0%	80.0%	80.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Resultados del periodo de Control

La Tabla 6, compara los valores promedios del Estado Inicial (E0) y el periodo de control (C).

Tabla 6. Comparativa LT y Yield en el Estado Inicial(E0) y post Aplicación

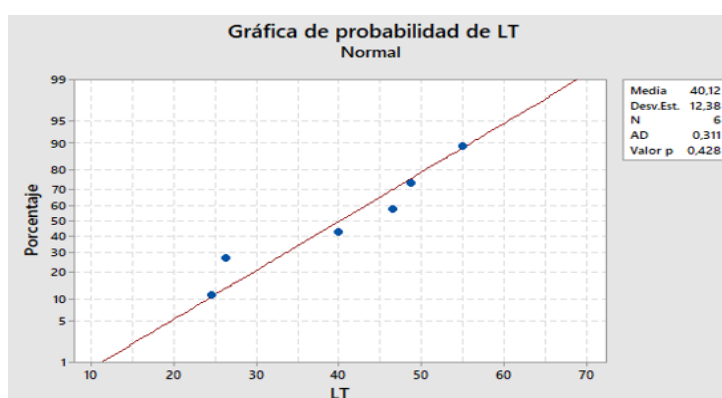
Periodo	E0	C	Mejora
LT (Hrs)	76.2	40.1	-47.4%
Yield (%)	72.4%	90.0%	24.3%

Fuente: Resultados de análisis del E0 y del periodo de control

Prueba de Hipótesis

Prueba de Normalidad

De la prueba de Normalidad Anderson Darling, aplicada a los valores de LT y Yield del periodo de control (Tabla 5), se concluye que ambas siguen una distribución normal por tener un valor $p \geq 0.05$, tal como se muestra en las Figuras 2 y 3, realizadas con Minitab. Por lo que la prueba de hipótesis se hará usando prueba paramétrica t Student.

**Figura 2. Prueba de Normalidad Anderson Darling, Variable Lead Time (LT)**

Fuente: Minitab

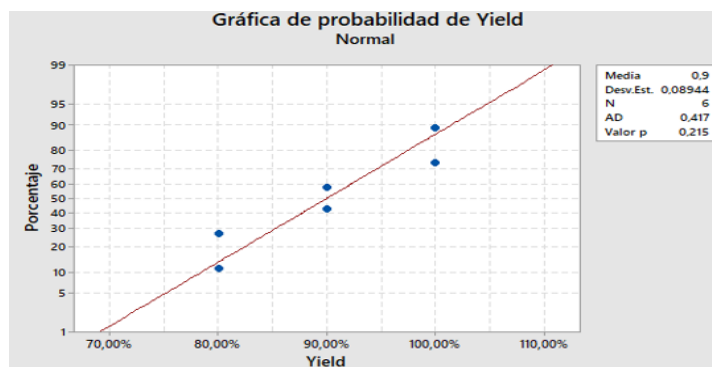


Figura 3. Prueba de Normalidad Anderson Darling Variable Yield

Fuente: Minitab

Prueba de Hipótesis

Se realizó la Prueba de Hipótesis *t Student* de 1 muestra con Minitab al LT y al Yield usando los valores de la Tabla 7, usando una significancia $\alpha = 0.05$. Dado que el valor de p resultó < 0.05 para ambos casos, se rechazó las hipótesis nulas tanto para el LT y el Yield y se concluyó que la aplicación de las herramientas Lean ha mejorado los indicadores *Lead Time* y *Yield* del proceso de resolución de averías del CD2N.

Tabla 7. Datos estadísticos del LY & Yield obtenidos en el periodo de control

N° muestras	Media	Varianza	Desviación estándar
6	40.1	153.4	12.4
6	90.0%	0.0	0.1

Fuente: Resultados del periodo de Control

Lead Time

H0: La aplicación de herramientas Lean no mejora el *Lead Time*, $LT \geq 76.2$ Hrs

H1: La aplicación de herramientas Lean mejora el *Lead Time*, $LT < 76.2$ Hrs

La Tabla 8 muestra la estadística descriptiva para las muestras del *Lead Time*.

Tabla 8. T de una muestra, Estadísticas Descriptivas (LT periodo de Control)

N	Medi a	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite sup. de 95% para μ
6	40.1	12.4	5.1	50.3
Donde μ : media de la muestra				

Fuente: Elaboración del autor, Minitab

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 76.2$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 76.2$

Valor T **Valor p**

-7,13 0,000

Yield

H0: La aplicación de herramientas Lean no mejora el Yield, $Y \leq 72.4.0\%$

H1: La aplicación de herramientas Lean no mejora el Yield, $Yield > 72.4.0\%$

La Tabla 9 se muestra la estadística descriptiva para las mediciones del Yield.

Tabla 9. T de una muestra, Estadísticas Descriptivas (Yield periodo de control)

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite sup. de 95% para μ
6	0.9	0.1	0.0	0.8

Donde μ : media de la muestra

Fuente: Elaboración del autor, Minitab

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 0,724$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 0,724$

Valor T Valor p

4,31 0,004

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- *Lean Manufacturing* muestra su vigencia y valía para mejorar procesos en empresas de servicios de telecomunicaciones.
- Las herramientas Lean SIPOC, Modelo Kano, 5 WHYs y Estándar Work usadas de forma combinada, permiten implementar iniciativas de mejoras de forma rápida, lo cual es muy útil en operaciones congestionadas por carga de trabajo en las que no se dispone de mucho tiempo para desarrollar proyectos de mejora.
- Se obtuvo una reducción de 47.4% en el *Lead Time* respecto al estado inicial del proceso, lo que benefició en la reducción de la congestión por carga de trabajo. El *Yield* se incrementó en un 24.3% luego de la aplicación de la propuesta de mejora desarrollada en base a la herramienta Standard Work, lo que contribuyó a la reducción del *Lead Time* promedio.

Recomendaciones

- Con el fin de lograr la sostenibilidad de los resultados del proyecto se recomienda la implementación de *Kaizen*.
- Capacitar a los participantes del proyecto en conceptos Lean a fin de nivelar conocimientos sobre mejora de procesos.
- Se recomienda explorar otros escenarios de aplicación como las averías que no pueden ser resueltas en nivel2 y deben llegar a niveles expertos nivel 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almanza, I. (2020). *Desarrollo y aplicación de herramientas de Lean Manufacturing y de innovación para la mejora en el proceso de fabricación artesanal de hilo de fibra de alpaca en las comunidades alpaqueras del Perú*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Arrieta, K. (2014). Diseño de una metodología que relaciona las técnicas de manufactura esbelta en la gestión de la innovación: Una investigación en el sector de confecciones de Cartagena, Colombia. *Universidad & Empresa*, 17(28), 127-145. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.28.2015.06>.
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that Works: Powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*. New York, USA: AMACOM
- Chumacero, J. (2019). *Aplicación de Herramientas de Lean Service para el proceso de Compras en TIS Perú, año 2018-2019*. (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.
- Earley, J. (2016). *The Lean Book of Lean*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Escudero, B. (2020). Mejora del Lead Time y Productividad en el proceso armado de pizzas aplicando herramientas Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 39(1), 51-72. Recuperado de <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4915>
- Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*. Florida, USA: Taylor & Francis.
- Helmod, M. (2020). *Lean Management and Kaizen: Fundamentals from cases and examples in operations and supply chain management*. Berlin, Germany: Springer.
- Hushyar, K., Braun, H. y Eslambolchi, H. (2021). *Telecom Extreme Transformation, the road to a Digital Service Provider*. Florida, USA. CRC Press
- Kafka, F (2013). *Análisis de Productos*. Lima, Perú: Universidad del Pacifico.
- King, P. (2019). *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity (2nd ed.)*. New York, USA: Taylor & Francis
- León, G., Marulanda, N. y Gonzalez, H. (2017). Factores Claves de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia. *Tendencias*, 18(1), 85-100. Recuperado de <https://doi.org/10.22267/rtend.171801.66>.
- Maharshi, S. (2019). *Lean Problem Solving and QC Tools for Industrial Engineers*. New York, USA: CRC Press.
- Martínez, P, Martínez, J., Nuño, P. y Cavazos, J. (2015). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(2), 46-56. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.22507/rli.v13n2a5>.
- Peterson, L. and Davie, B. (2021). *Computer Networks a System Approach*. Cambridge, USA: El Sevier.
- Protzman, C., Protzman, D. and Whiton, F. (2019). *Implementing Lean Twice the Output with half the Input*. New York, USA: Taylor & Francis.
- Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra, C. (2017). Modelo Metodológico de Implementación de Lean Manufacturing. *Revista Administración de Negocios*, 83 (1), 51-71. Recuperado de <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New york, USA: McGraw-Hill