

**Pontificia Universidad Católica del Perú**  
**Facultad de Ciencias e Ingeniería**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**MEJORA DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS DE  
SERVICIOS MYPES, A TRAVÉS DEL MONITOREO Y CONTROL LEAN - SIX  
SIGMA, USANDO HERRAMIENTAS DE DATA MINING**

Tesis para optar el Título de **Ingeniera Industrial**, que presenta el bachiller

**Jámblico Alberto Pacora Cardozo**

**Profesor: Ing. Jonatán Edward Rojas Polo**

**Lima, Julio 2018**



El presente trabajo de investigación es dedicado a Dios por permitir siempre mantenerme firme con las ideas plasmadas desde el inicio hasta el final y mis padres, por su apoyo incondicional en el alcance de todos mis objetivos trazados.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, busca encontrar una nueva metodología basada en la teoría del DMAIC (Lean Six Sigma) y aplicar sus herramientas de la mano con la tecnología de vanguardia para facilitar a las MYPEs de servicio en tener un mayor control de sus procesos, y a su vez generar un ahorro económico. Para llevarlo a cabo, se requirió aplicar la unión de 3 temas diferentes y no muy comunes en su combinación. Estos temas fueron Lean Six Sigma, Data Mining y Realidad Aumentada.

Al usar Lean Six Sigma, no significó que se va a aplicar las estadísticas que demanda, sino más bien, se busca sacar la esencia de una manera más práctica que no demande tiempo, debido a que se trata de procesos pequeños por el tipo de empresa de la que se va a tratar. Lo que se extrajo de la teoría fueron las secuencias desde cómo se detecta el problema, como se mide, analiza y controla. A su vez, se aplicó las herramientas como el Poka Yoke que sirve de nexo para Data Mining y Realidad Aumentada.

El segundo tema, Data Mining, la teoría que se está aplicando es una Red Neuronal con aprendizaje profundo (debido que utiliza más de una capa oculta). La utilidad que va a tener es lograr el manejo y control de la información de cada proceso por intermedio de indicadores. En otras palabras, la Red Neuronal servirá para aprender la fórmula del indicador y generar el resultado en base a las entradas que requiera la medición. Este indicador se encontrará relacionado al Lean Six sigma debido a que la teoría demanda medir, analizar y controlar un proceso.

La última pieza de encaje es la Realidad Aumentada y servirá como un facilitador de manejo de las entradas que va a requerir cada indicador. Es decir, se hará uso de las nuevas tecnologías al alcance del usuario por medio de un Smartphone que al leer unas tarjetas personalizadas (Tarjetas AR) a través la cámara del celular va a generar un valor de entrada. Cada tarjeta AR es única y fácilmente diferenciada gracias a la implementación de un Poka Yoke.

Se estima un ahorro anual de S/6,120 gracias a la disminución del tiempo operativo para un escenario normal. De la misma manera, se tendrá un VAN de S/7,811 para un COK de 15.24%, resultando viable el presente proyecto. A su vez, la metodología del DMAIC ayudará a ordenar los procesos (eliminar reprocesos), disminuir mermas y aumentar la calidad gracias a la medición de indicadores en el aplicativo móvil.

En síntesis, se tendrá como trabajo final el desarrollo de una aplicación móvil que consolida cada uno de los 3 temas explicados y que permitirá al usuario crear o definir sus propios indicadores. Asimismo, se podrá guardar un historial para visualizar su evolución a través de un histograma, y con ello sacar conclusiones y propuestas de mejora del proceso.



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial  
ALUMNO : **JÁMBLICO ALBERTO PACORA CARDOZO**  
CÓDIGO : 2012.0467.12  
PROPUESTO POR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo  
ASESOR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo  
TEMA : MEJORA DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS DE SERVICIOS MYPES, A TRAVÉS DEL MONITOREO Y CONTROL LEAN - SIX SIGMA, USANDO HERRAMIENTAS DE DATA MINING.  
N° TEMA : # 1434  
FECHA : San Miguel, 06 de febrero de 2018



### **JUSTIFICACIÓN:**

En el Perú, el mayor porcentaje de tipos de empresas son las MYPEs que constituyen el 96.5%<sup>1</sup>, las cuales dan empleo a más de 8 millones de peruanos según ComexPerú (2017). Representan cerca del 50%<sup>2</sup> de la población económicamente activa (PEA) siendo su mayoría negocios familiares con un 65.3%<sup>2</sup>.

El sector donde hay una mayor concentración de MYPEs es el de servicios con un 50.1%, seguido por el sector comercio con 33.8% según la encuesta Nacional de Hogares (ENAH 2016). Muchas de estas empresas no logran sobrevivir los primeros dos años con un 70%<sup>3</sup> aproximadamente y las que continúan están en una constante supervivencia.

Según Martha Cuentas, presidenta de Copeme (2010) asegura que el principal motivo del fracaso se explica en los altos costos de producción de las microempresas.

En la actualidad, existen herramientas para la reducción de costos, una de ellas es Six Sigma que adicionalmente aumenta la rentabilidad e incrementa la satisfacción del cliente. Sin embargo, se requieren meses en su implementación y diversos análisis estadísticos engorrosos que no muchas veces está al alcance de los dueños de las MYPEs. Por otra parte, sólo el 15,7%<sup>4</sup> han optado por usar tecnologías innovadoras para mejorar productos, procesos o prestación de servicios.

<sup>1</sup> El Comercio, ComexPerú: Mypes siguen aumentando pero formalización no avanza, 2017.

<http://elcomercio.pe/economia/negocios/informalidad-micro-pequenos-negocios-peru-noticia-noticia-448518>

<sup>2</sup> ComexPerú, 904 Seminario ComexPerú, 2017

<http://www.comexperu.org.pe/>

<sup>3</sup> La República, 70% de las mypes fracasan en su negocio, 2010

<http://larepublica.pe/23-10-2010/70-de-las-mypes-fracasan-en-su-negocio>

<sup>4</sup> INEI (2014), Resultados de la Encuesta de Micro y Pequeña Empresa, 2013

[www.cnc.gob.pe/.../Informe%20Estudio%20Exploratorio%20Cualitativo%20MYPES](http://www.cnc.gob.pe/.../Informe%20Estudio%20Exploratorio%20Cualitativo%20MYPES)

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000

[www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe)



Continuando con esta problemática, se detectó una gran necesidad en este mayoritario sector de empresas del Perú, pero se segmentará a un grupo más pequeño y representativo que son las MYPEs enfocadas al rubro de servicios. Cerca del 80%<sup>5</sup> de estas empresas son informales y no existe información real y actualizada de estas empresas, debido a la informalidad que existe en el Perú. Por tal motivo, para disminuir en cierta manera esta carencia de información se considerará solo a las que cuenten con más de un trabajador. Se busca poder ayudar a estos tipos de empresas en disminuir los altos costos a través de la mejora de procesos junto al uso de las nuevas tecnologías.

Para llevarlo a cabo, se desarrollará un sistema basado en indicadores para medir y controlar los procesos. Contendrá una metodología sencilla y práctica que aplique los conceptos del Six Sigma para la teoría de la mejora de procesos. Es por ello, se adicionará otra herramienta muy potente que hoy en día es Data Mining que va a facilitar el manejo de los datos de los indicadores. Para este empleo de información se creará un algoritmo capaz de adaptarse a la mayor cantidad de indicadores. Finalmente, como facilitador para la captura de los datos diarios de los KPIs, será la Realidad Aumentada (AR) que tendrá una función similar a un lector de barras, solo que con tarjetas especiales y multifuncionales. Para consolidar las tres propuestas (Six Sigma, Data Mining y AR) y considerando que la Realidad Aumentada trabaja muy de la mano con dispositivos con acceso a una cámara digital. Se busca que la propuesta no quede en un manejo manual, sino sistematizarla para que el usuario pueda todos los días medir y controlar con algo visual, es por ello que se plasmará en una aplicación móvil y no en un ordenador por el hecho de practicidad y fácil acceso.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Generar un gran impacto en el desarrollo económico al país a través del aumento de ingresos netos de las micro y pequeñas empresas del rubro servicios con más de un trabajador, mediante la mejora de su gestión de procesos basada en indicadores que utilice el medio de una interfaz gráfica al alcance de su presupuesto gracias a la Realidad Aumentada.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Conocer las diferentes herramientas involucradas en el Lean - Six sigma, al igual que entender los algoritmos de análisis de datos del Data Mining y comprender sobre como la Realidad Aumentada funciona.
- Encontrar casos de estudios en donde la Realidad Aumenta se aplique en la mejora de procesos para empresas.
- Identificar un modelo de empresa MYPE en la cual se usará para el estudio y análisis para aplicar una gestión basada en indicadores.

<sup>5</sup> ComexPerú, 904 Seminario ComexPerú, 2017  
<http://www.comexperu.org.pe/>



- Desarrollar una metodología que sintetice el Lean - Six Sigma, Data Mining y la Realidad Aumentada alineadas hacia una gestión basada en indicadores.
- Mostrar la aplicación de la metodología por medio de ejemplos para el tipo de empresa seleccionado.
- Cuantificar el beneficio económico de la implementación del proyecto.

**PUNTOS A TRATAR:**

**a. Marco Teórico.**

Se explicará los conceptos de Lean - Six sigma usando la cada parte de la metodología DMAIC. También se presentará los conceptos de Data Mining y se detallará un ejemplo sobre el funcionamiento de una Red Neuronal. Finalmente, se dará una breve descripción sobre cómo funciona la Realidad Aumentada.

**b. Estudio de casos.**

Se investigará sobre publicaciones relacionadas con el tema de mejora de procesos aplicando la herramienta de la Realidad Aumentada y que cuente con una justificación económica.

**c. Descripción de las empresas y diagnóstico.**

Se clasificarán el tipo de empresas de servicio MYPEs con mayor participación en el mercado peruano que servirán como modelos para la aplicación de la metodología de una gestión basada en indicadores.

**d. Desarrollo de la metodología.**

Se formulará el algoritmo basado en una Red Neuronal junto con su implementación y desarrollo en la Realidad Aumentada. Adicionalmente, se detallará los pasos a seguir para realizar un monitoreo de procesos por medio de la aplicación realizada.

**e. Casos de uso.**

Se crearán indicadores para realizar mejoras de procesos de los distintos rubros seleccionados en la descripción de empresas y diagnóstico. Será una guía a seguir desde la idea del indicador hasta el uso en la aplicación y su interpretación de resultados.

**f. Evaluación Económica.**

Se sustentará el proyecto mediante un ahorro cuantificable con una proyección a cinco años.

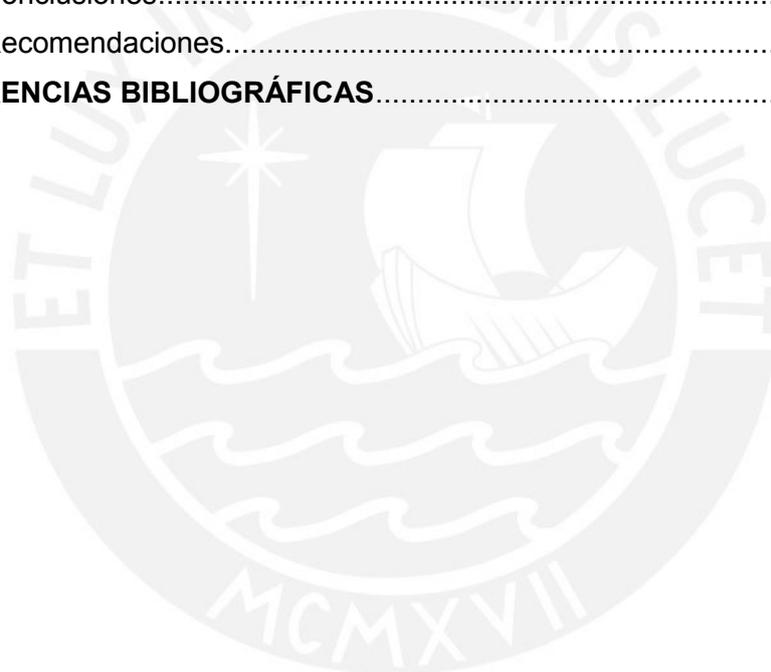
**g. Conclusiones.**

  
\_\_\_\_\_  
ASESOR

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO 1: Marco teórico</b> .....	2
1.1 Lean Six Sigma .....	2
1.1.1 Definir .....	2
1.1.2 Medir .....	5
1.1.3 Analizar .....	7
1.1.4 Mejorar .....	9
1.1.5 Controlar .....	10
1.2 Data Mining .....	11
1.2.1 Red neuronal .....	11
1.3 Realidad aumentada .....	18
1.3.1 Realidad aumentada en los Smartphone .....	18
1.3.2 Desarrollo de Realidad Aumentada .....	18
<b>CAPITULO 2: Estudio de casos</b> .....	19
2.1 Realidad aumentada (AR) como herramienta para el control de la producción y la calidad .....	19
2.2 Demostración de herramientas analíticas con la Realidad Aumentada .....	23
2.3 Mecanizado y Formación Validación de dimensiones utilizando la Realidad Aumentada para un proceso de Lean .....	25
<b>CAPITULO 3: Descripción de las empresas y diagnóstico</b> .....	28
3.1 Mipyme como MYPE .....	28
3.2 Segmentación del modelo de empresa para el proyecto .....	29
<b>CAPITULO 4: Desarrollo de la metodología</b> .....	32
4.1 Gestión basada en indicadores .....	32
4.2 Algoritmo de la Red Neuronal del proyecto .....	34
4.3 Aplicación de la metodología en el aplicativo móvil .....	38
<b>CAPITULO 5: Casos de uso</b> .....	50
5.1 Empresas de alquiler .....	50
5.1.1 Porcentaje de ingreso al día .....	50
5.1.2 Porcentaje de equipos alquilados .....	53
5.1.3 Porcentaje de equipos rechazados .....	57
5.1.4 Porcentaje de mora de clientes .....	60
5.1.5 Porcentaje de equipos defectuosos .....	63
5.2 Restaurantes .....	64
5.2.1 Encuesta para saber qué es lo que más valora el cliente .....	64

5.2.2 Calidad de la comida .....	71
5.2.3 Satisfacción del cliente .....	73
5.2.4 Ventas diarias .....	79
5.3 Empresas de mantenimiento y/o reparación.....	81
5.3.1 Stock de repuestos .....	81
5.3.2 Tiempo en reparación .....	85
5.4 Empresas de fotocopias .....	87
5.4.1 Merma .....	87
<b>CAPITULO 6 Evaluación económica .....</b>	<b>90</b>
6.1 Costo de implementación de la aplicación.....	90
6.2 Costo de implementación para las MYPEs.....	91
<b>CAPITULO 7 Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>96</b>
7.1 Conclusiones.....	96
7.2 Recomendaciones.....	97
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	SIPOC .....	3
Figura 2	Mapa de procesos.....	3
Figura 3	Waste Walk .....	4
Figura 4	Value Stream Mapping .....	4
Figura 5	Diagrama de caja .....	6
Figura 6	Diagrama de Pareto.....	7
Figura 7	Diagrama Causa-Efecto .....	8
Figura 8	Las 5'S .....	9
Figura 9	I-MR Chart.....	10
Figura 10	Poka Yoke en interruptores .....	11
Figura 11	Modelo de Red Neuronal con 1 capa oculta.....	12
Figura 12	Red Neuronal con pesos aleatorios .....	12
Figura 13	Red Neuronal con nuevos pesos de una iteración .....	15
Figura 14	Red Neuronal terminada .....	16
Figura 15	Mapa mental de las principales funcionalidades de la AR .....	19
Figura 16	Metodología para el desarrollo de una aplicación AR / CSQ.....	20
Figura 17	Aplicación AR-QDA en una línea de producción.....	21
Figura 18	Interacción del sistema AS y su visualización gráfica .....	23
Figura 19	Ejemplo de representación visual de filtrado .....	24
Figura 20	Interacción visualmente con la información de la AR.....	24
Figura 21	Costos de cada operación del proceso de mecanizado en torno.....	26
Figura 22	Costos de cada operación del proceso de mecanizado en fresadora.....	27
Figura 23	Costos de cada operación del proceso de medición.....	27
Figura 24	Variación % respecto a similar periodo del año anterior.....	29
Figura 25	Índice mensual de la producción de servicios prestados a empresas.....	31
Figura 26	Formato del interface del cuadro de mandos .....	32
Figura 27	Clasificación de indicadores .....	33
Figura 28	Visualización gráfica de la Red Neuronal del proyecto .....	38
Figura 29	Tarjetas AR de los 4 atributos .....	39
Figura 30	Tarjetas AR para el atributo 1 .....	39
Figura 31	Velocímetro de colores como indicador.....	42
Figura 32	Interfaz de la aplicación.....	43
Figura 33	Los cinco pasos de aprendizaje en la interfaz.....	44
Figura 34	Mensaje de aprendizaje de la Red Neuronal.....	44
Figura 35	comprobación del dato .....	45
Figura 36	Tarjetas AR para medir porcentaje de servicios rechazados.....	46
Figura 37	Escaneo de las tarjetas AR .....	46
Figura 38	Gráfico de barras del indicador 1.....	47
Figura 39	Ventana para la digitación manual .....	48
Figura 40	Flujograma básico de una empresa de alquiler .....	50
Figura 41	Aprendizaje del indicador 1 y Tarjetas AR nombradas .....	52
Figura 42	Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	52
Figura 43	Visualización de la gráfica y operación de indicadores.....	53
Figura 44	Aprendizaje del indicador 2 y Tarjetas AR nombradas .....	55
Figura 45	Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	55
Figura 46	Visualización de la gráfica .....	56

Figura 47 Operación de indicadores .....	56
Figura 48 Visualización de la gráfica .....	57
Figura 49 Aprendizaje del indicador 3 y Tarjetas AR nombradas .....	58
Figura 50 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	58
Figura 51 Visualización de la gráfica .....	59
Figura 52 Visualización de la gráfica y operación de indicadores.....	59
Figura 53 Aprendizaje del indicador 4 y 5 .....	61
Figura 54 Tarjetas AR nombradas para el indicador 4 y 5 de izquierda a derecha .	61
Figura 55 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	62
Figura 56 Transferencia de valores entre el indicador 5 y 4 .....	62
Figura 57 Aprendizaje del indicador 3 y Tarjetas AR nombradas .....	63
Figura 58 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	64
Figura 59 Flujograma básico de un restaurante.....	64
Figura 60 Analogía entre proceso, indicador y pregunta .....	65
Figura 61 Aprendizaje de la pregunta 1 y 6 .....	67
Figura 62 Tarjetas AR nombradas .....	67
Figura 63 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	68
Figura 64 Visualización de los resultados de la pregunta 1 y 3.....	68
Figura 65 Generación del promedio en la pregunta 1 y 3 .....	69
Figura 66 Limpieza de los slots en la pregunta 1 y 3 .....	69
Figura 67 Vista previa de los promedios de la pregunta 1 y 3.....	70
Figura 68 Transferencia de valores entre diferentes indicadores .....	70
Figura 69 Resultado final de la encuesta .....	71
Figura 70 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas .....	72
Figura 71 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	73
Figura 72 Visualización de la gráfica de la calidad de 4 platos .....	73
Figura 73 situaciones posibles calidad objetiva-calidad percibida .....	74
Figura 74 CES vs NPS .....	75
Figura 75 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas para NPS .....	76
Figura 76 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	76
Figura 77 Visualización de la calificación puesta por 30 clientes.....	77
Figura 78 Cálculo de la cantidad de Promotores y su porcentaje.....	77
Figura 79 Cálculo de la cantidad de Detractores y su porcentaje.....	78
Figura 80 Cálculo del NPS .....	78
Figura 81 Asignación de las tarjetas AR y su escaneo del valor.....	79
Figura 82 Aprendizaje del indicador 4 y tarjetas AR nombradas .....	80
Figura 83 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	80
Figura 84 Flujograma básico de una empresa de mantenimiento y reparación .....	81
Figura 85 Aprendizaje del indicador 1 y tarjetas AR nombradas .....	83
Figura 86 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	83
Figura 87 tarjetas AR nombradas y escaneo del día 2 .....	84
Figura 88 tarjetas AR nombradas y escaneo del día 2 .....	84
Figura 89 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas .....	86
Figura 90 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	86
Figura 91 Flujograma básico de una empresa de fotocopias .....	87
Figura 92 Relación entre las ventas y las mermas (Sin percederos).....	87
Figura 93 Aprendizaje del indicador 1 y tarjetas AR nombradas .....	89
Figura 94 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Captura de datos general para el estudio .....	25
Tabla 2 - Captura de datos general para el estudio .....	25
Tabla 3 - Captura de datos general para el estudio .....	26
Tabla 4 - Rango de ventas anuales (UIT) para las Mipyme.....	28
Tabla 5 - Rango de trabajadores de las Mipyme .....	28
Tabla 6 - Rango de trabajadores de las Mipyme .....	29
Tabla 7 - Sector servicio las Mipyme .....	30
Tabla 8 - Porcentaje de rechazo del servicio .....	38
Tabla 9 - Porcentaje de rechazo del servicio .....	40
Tabla 10 - Combinaciones de ambos atributos.....	41
Tabla 11 - Comparación del valor real con el valor Red Neuronal.....	49
Tabla 12 - Lista de precios por ítems.....	50
Tabla 13 - Asignación de pesos.....	51
Tabla 14 - Lista de stock por ítem .....	53
Tabla 15 - Asignación de pesos.....	53
Tabla 16 - Pesos ponderados en base al total del stock .....	54
Tabla 17 - Asignación de pesos.....	57
Tabla 18 - Asignación de pesos.....	60
Tabla 19 - Asignación de pesos.....	63
Tabla 20 - Asignación de pesos.....	65
Tabla 21 - Puntuación de encuesta.....	66
Tabla 22 - Asignación de pesos.....	71
Tabla 23 - Asignación de pesos.....	71
Tabla 24 - Asignación de pesos.....	75
Tabla 25 - Asignación de pesos.....	79
Tabla 26 - Asignación de pesos.....	81
Tabla 27 - Nivel de stock de filtros .....	82
Tabla 28 - Asignación de pesos.....	85
Tabla 29 - Asignación de pesos.....	88
Tabla 30 - Inversión de la aplicación.....	90
Tabla 31 - Precio de aplicaciones sustitutas.....	90
Tabla 32 – Costos publicitarios.....	91
Tabla 33 - Inversión para una MYPE .....	91
Tabla 34 - Disminución de tiempo .....	92
Tabla 35 - Cálculo del ahorro por escenario.....	92
Tabla 36 - Flujo económico y financiero del proyecto por escenario.....	93
Tabla 37 - Beta desapalancado por rubro de empresa.....	94
Tabla 38 - Datos para el COK, WACC y Beta apalancado .....	94
Tabla 39 - TIR por escenario.....	95
Tabla 40 - VAN por escenario.....	95

## INTRODUCCIÓN

Las MYPEs tienen la posibilidad de fracasar durante los primeros años de funcionamiento o no presentar buenos índices de crecimiento en su rentabilidad debido a una inadecuada gestión de sus procesos. Para que un proceso se pueda mejorar, primero se debe poder medir; ya que es importante poder controlar la evolución con una base en datos y hechos.

Se ha planteado como hipótesis que es posible desarrollar una metodología ágil y práctica que use la esencia del DMAIC (Lean Six Sigma), utilice Data Mining para el manejo de los datos de cada proceso y que aplique la Realidad Aumentada como facilitador en la recopilación de datos para medir y controlar los procesos.

Se va a aplicar el uso de indicadores o KPIs. Una ventaja de tenerlos al alcance de todos es compartir la situación actual de la empresa y que el mismo personal pueda aportar opiniones y propuestas que agreguen valor.

El presente trabajo inicia con el marco teórico que brindará la información y conocimientos necesarios para facilitar la comprensión de los capítulos contemplados en el índice. Se explicará acerca de la metodología Lean Six Sigma junto con sus herramientas más aplicadas. Seguido por Data Mining detallando el funcionamiento de una Red Neuronal y culminando con la Realidad Aumentada.

Para el segundo capítulo, se muestran tres casos reales donde se han aplicado dichos métodos, los cuales demuestran que la Realidad Aumentada es una posible herramienta para la mejora de procesos justificada económicamente.

El tercer capítulo, se enfocará en explicar cómo va a ser el tipo, tamaño, sector económico y sección de la empresa que se va a poder aplicar el proyecto de investigación. En resumen, se tratará del alcance del presente proyecto que serán las MYPES del sector servicios dedicadas a restaurantes, fotocopias, mantenimiento y alquiler de equipos.

El cuarto capítulo, explicará sobre la importancia de medir los procesos y como se realizará la metodología para llevar a cabo una mejora. Esta es la parte central de toda la tesis, debido a que se detallará el algoritmo de una red neural capaz de aprender cada combinación de los indicadores que se usarán en el capítulo posterior. Cierta manera, se especificará el uso de la herramienta que será una aplicación para celular que permite monitorear cada indicador.

El quinto capítulo, se argumentará la utilidad de la metodología en una gestión basada en indicadores. Se darán diversos casos de uso para los rubros de alquiler de equipos, restaurantes, mantenimiento y fotocopadoras. En cada uno se explicará cómo se seleccionaron los atributos, como hacer las combinaciones, el mismo uso de la aplicación y su interpretación de resultados.

El sexto capítulo, se tratará de la evaluación económica de la implementación de la metodología basada en indicadores desde el costo de la creación de la aplicación hasta su ahorro reflejado en tres diferentes escenarios. Se calculará la VAN y TIR del proyecto.

## CAPITULO 1: Marco teórico

En el presente Marco teórico se detallará los tres principales puntos que abarcarán como teoría fundamental para el desarrollo de la tesis. En primer lugar, se explicará la metodología del Lean Six Sigma que servirá como base del concepto de la mejora de procesos, las herramientas y los pasos de la metodología del DMAIC. En segundo lugar, Data Mining, que brindará los conceptos para la creación de los algoritmos y modelos matemáticos para el manejo de la información desde su ingreso hasta su síntesis para el análisis. Finalmente, con el uso de las últimas tecnologías como un facilitador para la visualización y aplicación del algoritmo realizado, se escogió la Realidad Aumentada como la interfaz para que el usuario logre mejorar, controlar y gestionar los procesos administrativos.

### 1.1 Lean Six Sigma

Según Arcidiacono y Calabrese (2012) proponen que Lean Six Sigma es una estrategia de negocio probado para medir, analizar y mejorar la performance en términos de excelencia operativa. La metodología, gracias a una amplia gama de herramientas cualitativas y cuantitativas, tiene como objetivo optimizar los procesos transaccionales a través de la reducción de su variabilidad. Esta metodología consta de 5 partes: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la actualidad, Six Sigma ha sufrido transformaciones en cuanto a sus herramientas debido a que ha integrado las de Lean (Manufactura Esbelta) por la similitud de objetivos que comparten dichas metodologías.

Se busca la reducción de costos, el aumento de la productividad, la retención de clientes, la reducción del tiempo de ciclo y defectos. Para lograrlo se requiere del compromiso de cada integrante de la compañía (desde el más bajo puesto hasta la cabeza de la organización). En cada uno de ellos, se busca la colaboración, comunicación y su dedicación para crear en conjunto una cultura de cambio.

La clave del éxito del Lean Six sigma es que todos en la empresa deben saber lo que contribuyen al éxito de la empresa. Esta metodología está resumida con la siguiente fórmula:

**Visión + Habilidades + Incentivo + Recursos + Plan de acción = Genera un cambio positivo**

#### 1.1.1 Definir

Este primer paso se inicia con la búsqueda de información útil para ubicar los principales defectos existentes en la empresa. Se debe definir el medio que se usará para la recopilación de datos. Además, se deben considerar los parámetros como el cliente (interno y externo), el alcance del proyecto, puntos críticos y débiles del proceso, las actividades de valor añadido y las que no aportan valor. Se deben de considerar indicadores medibles como los parámetros críticos de la calidad y el análisis de satisfacción del cliente que son desde la perspectiva del cliente.

##### a. Diagrama SIPOC

Según Pyzdek (2003) esta herramienta proporciona un punto de vista macroscópico del proceso, ayuda a ampliar el proyecto y comprender el proceso que se realiza en la etapa Definir, pero su impacto se siente en la etapa Mejora debido al aporte de los detalles de cada parte del diagrama SIPOC (ver Figura 1), los cuales son:

- S = Proveedor (Interno/Externo)
- I = Entrada
- P = Proceso
- O = Salida
- C = Cliente (Interno/Externo)



Figura 1 SIPOC  
Fuente: GoLeanSixSigma (2016)

b. Mapa de Procesos

Describe un alto nivel del proceso que se analiza. Es útil para identificar puntos críticos, actividades de valor añadido y las que no aportan valor. Asimismo, se buscan los principales pasos de un proceso (puntos iniciales y finales), los ciclos de tomas de decisiones en el proceso y se clarifican las funciones y responsabilidades (ver Figura 2).

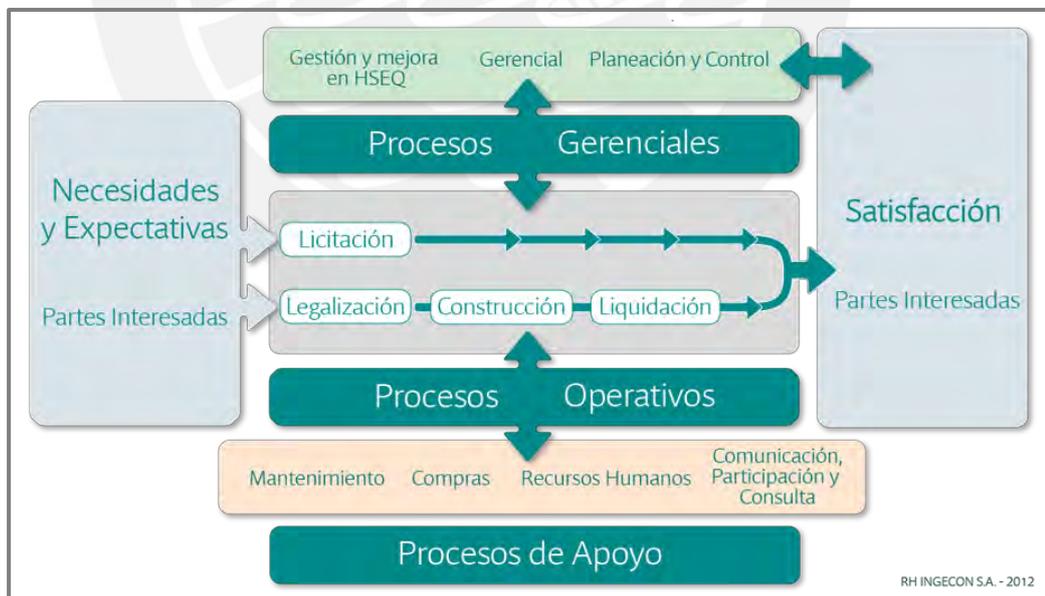


Figura 2 Mapa de procesos  
Fuente: RH INGECON (2012)

c. Waste Walk

Pretende considerar el flujo de un producto y/o servicio de principio a fin (Ejemplo: materias primas a los productos acabados) y resalta todas formas de residuos en el camino. El método es muy útil para destacar la macro de conversión de residuos en un proceso y luego iniciar un plan de acción de mejora con una baja inversión y actividades de alta rentabilidad en los procesos de negocio (ver Figura 3).

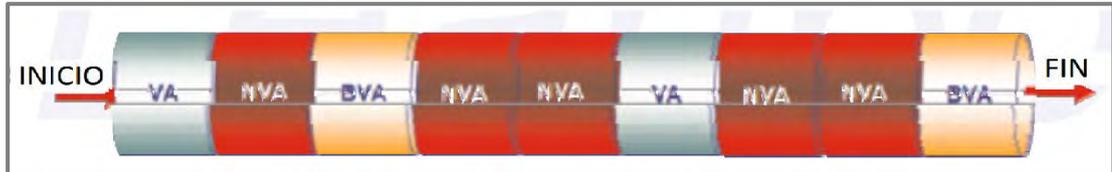


Figura 3 Waste Walk

Fuente: Arcidiacono y Calabrese (2012)

d. Product Family Matrix

Cuando una empresa posee gran variedad de productos es complicado la labor de dibujar mapas de flujo de valor por cada uno, es por ello que esta herramienta se utiliza para agrupar muchos productos en la "Familia de productos". La manera de agrupar las familias es que tengan la peculiaridad de compartir similares procesos o componentes necesarios en su producción.

e. Value Stream Mapping (VSM)

Es un diagrama de todos los pasos involucrados en el flujo de materiales y la información necesaria para llevar el producto / servicio, desde el fin de la fase de entrega (ver Figura 4). El Value Stream Mapping es un muy buen punto de partida para identificar oportunidades de mejora.

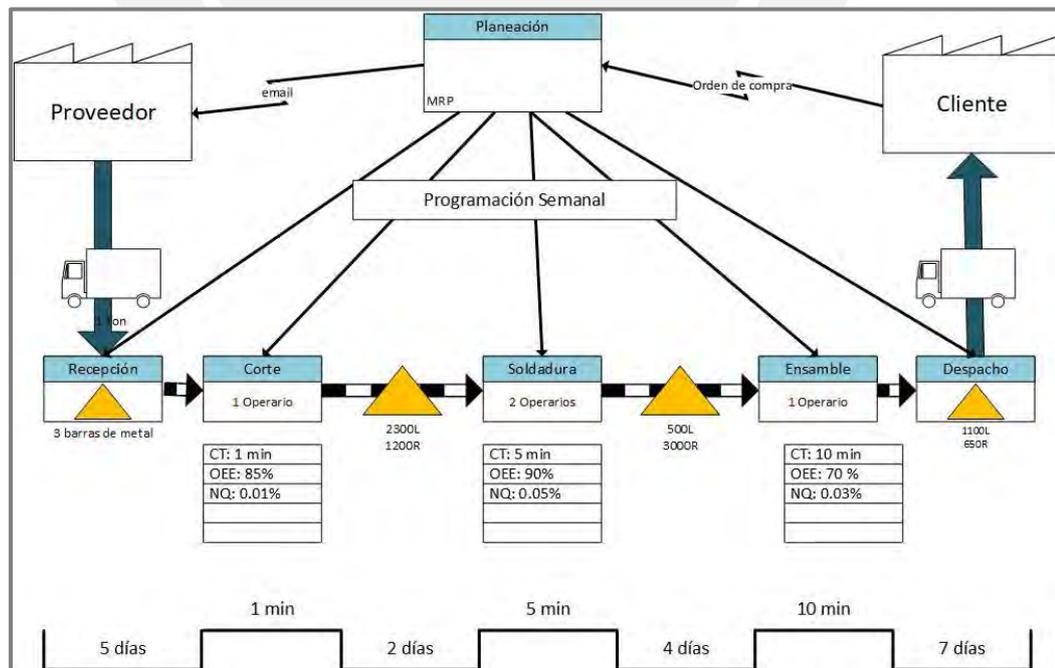


Figura 4 Value Stream Mapping

f. CTQ-Tree Diagram

Es una herramienta que considera la voz del cliente (COV) como una o más parámetros críticos internos de la calidad (CTQs). En otras palabras, la voz del cliente en indicadores medibles objetivamente para guiar el proceso de mejora.

g. Kano Diagram

Es una herramienta que tiene como objetivo identificar los aspectos importantes para conducir la satisfacción del cliente.

h. Project Charter

Describe con más detalle el objetivo del proyecto, con el fin de explicar mejor el significado del título. Resaltar la fecha de puesta en marcha para cada fase, la fecha de cierre esperado y el porcentaje real de progreso. Project Charter es un "documento en curso" y el punto de partida de todas las reuniones del proyecto.

i. COPQ: Cost of Poor Quality

Son los costos debido a la mala gestión de la fabricación y / o proceso que incluyen los costos de mano de obra, energía, materiales, depreciación. Estos costos se clasifican en dos tipos: Costos de calidad que vienen a ser los costos de prevención y costos de evaluación. El segundo tipo son los costos de no conformidad que son los costos debido a defectos internos y externos.

### 1.1.2 Medir

Es el segundo paso de la metodología del Lean Six Sigma y por lo tanto es necesario determinar la magnitud del problema. Se realiza una recolección de datos "racionales" que requiere una planificación eficaz y eficiente con el fin de crear una base de datos de conocimiento para registrar el proceso que pondrá de relieve los problemas críticos de un punto de vista objetivo. Los datos son interpretados a través de herramientas estadísticas y la verificación de la validez de datos. Y se mide el rendimiento del proceso a través de un adecuado KPI.

a. Muestreo

Se realiza para reunir un subconjunto de datos "n" de muestra población representativa "N". Es muy útil cuando no se posee muchos recursos financieros, cuando se necesita destruir alguna muestra para la obtención de información (en el caso de ensayos destructivos) y cuando toma más tiempo que la disposición de uno mismo. Existen diferentes tipos de muestreos:

- **Muestreo simple:** Cada elemento tiene la misma probabilidad de ser seleccionado
- **Muestreo estratificado:** Representa una proporción de la población
- **Muestreo sistemático:** Cada unidad de muestra se recolecta cada "a" unidades.
- **Muestreo por subgrupos:** "a" unidades se seleccionan en intervalos igualmente espaciados para el muestreo. Mayormente este método se utiliza para variables continuas como las unidades de tiempo.

b. Estadística básica

Son las características que poseen una muestra o población. Existen diferentes parámetros, los de ubicación, dispersión y de forma:

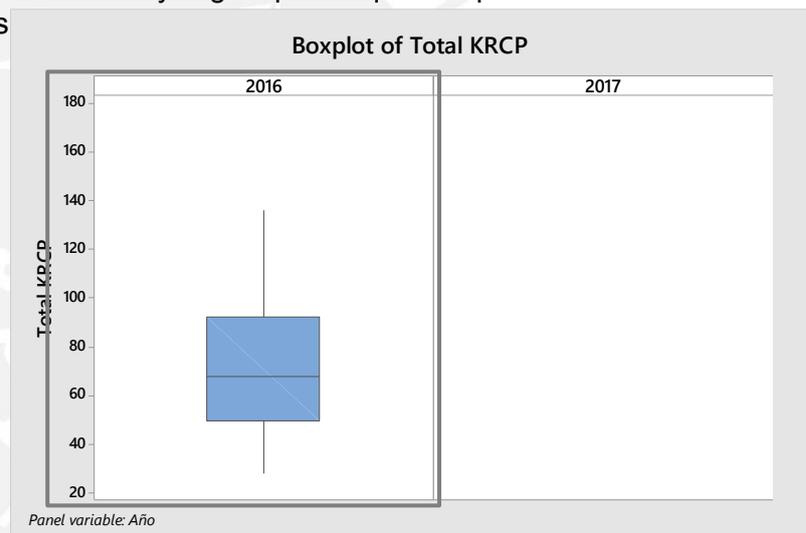
- **Parámetro de ubicación:** Identifican los valores más frecuentes de la distribución de datos, como es el caso de la media, moda, mediana, cuartiles y percentiles.
- **Parámetro de dispersión:** Sirven para evaluar la variabilidad de los datos, como es el caso del rango, desviación estándar y varianza.
- **Parámetro de forma:** Se usan para evaluar si los datos obtenidos poseen alguna distribución simétrica. Un ejemplo sería la oblicuidad (asimetría) y curtosis (la proporción del pico de una curva de frecuencia de distribución).

c. Intervalo de confianza

Es un intervalo que contiene la media, mediana y la desviación estándar de una proporción de la población con una probabilidad de 95%, 99% y 99.9% que son los que más se suelen utilizar. Este intervalo se usa para identificar si la muestra a estudiar pertenece a un tipo de población.

d. Diagrama de Caja

Es una herramienta gráfica que se utiliza para el estudio de la distribución de los datos obtenidos para obtener información de la dispersión, simetría y la posición (ver Figura 5). Se pueden analizar si existe valores atípicos, dicho sea el caso, se requerirá buscar la razón o si hay algún punto que no pertenezca a la misma distribución de los datos



e. Repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

Mide la capacidad de un sistema de medición para asegurar que las mediciones sean consistentes con las tomas. El sistema de medición es válido si la mayor parte de la variabilidad es atribuible al proceso. El R&R descompone la variación total en los datos medidos en variación de la data y la variación de la media y determina la capacidad del sistema de medición mediante la comparación de la variación de medida frente a la variación total. Este estudio te permite investigar si tu sistema de medición es capaz de distinguir partes diferentes, si la variabilidad del sistema es causada por la diferencia entre operadores y si es pequeña en comparación con la variabilidad del proceso.

f. Pareto

Este diagrama ayuda a identificar los defectos, errores, acciones o áreas que tienen alta prioridad en base a su frecuencia y se ordenan de forma decreciente (ver Figura 6). Esta herramienta es útil para enfocarse solo en las áreas de alto impacto. El 80% de los problemas representan el 20% de la población.

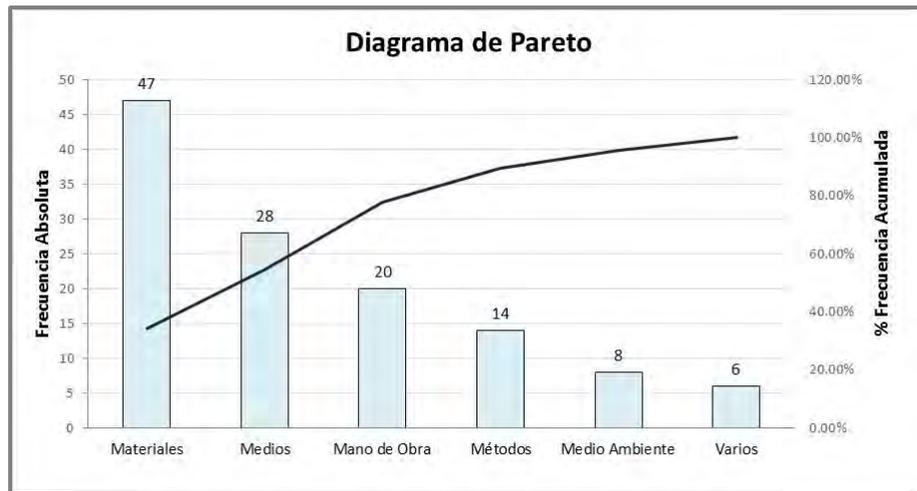


Figura 6 Diagrama de Pareto

g. Test de normalidad

Es una prueba estadística que acepta o rechaza la hipótesis para saber si la distribución de datos tiene un comportamiento de una distribución normal. Esta hipótesis de normalidad es crítica para muchos análisis estadísticos por el hecho de que es mucho más sencillo su análisis. En caso de que no sea normal se puede ajustar a una.

h. Análisis de capacidad

Es un estudio para determinar la capacidad del proceso actual para satisfacer las especificaciones requeridas del cliente (Límites superiores e inferiores). Tiene que presentar datos normales y el proceso tiene que ser estable (bajo control) para poder utilizarse la herramienta, caso contrario se tendrá que ajustar la distribución.

i. Takt Time

Es el ritmo de producción y/o entrega que un proceso debe respetar y asegurar que el flujo de los productos sea estable para lograr satisfacer la demanda del cliente. Se empieza con determinar qué tan rápido debe ser el proceso y finalmente identificar cuantas personas son necesarias para cada proceso para satisfacer la demanda del cliente. En este concepto se utilizan los siguientes términos:

- **Cliente de la demanda:** La demanda total esperada del cliente representado en unidad por tiempo.
- **Tiempo de ciclo:** Tiempo de trabajo total manual para un ciclo e incluye el tiempo de ejecución.
- **Tiempo disponible:** Es el tiempo total disponible menos el tiempo de inactividad, como es en el caso de los descansos.

**1.1.3 Analizar**

Es el tercer paso de la metodología del Lean Six Sigma y por lo tanto es necesario analizar los datos recolectados y explorar las relaciones entre las variables y análisis de las causas principales de los problemas estrellas. Además, se realiza el análisis de las posibles soluciones a problemas mediante el diagrama de causa-efecto y se realizan pruebas de significación estadística como una herramienta para identificar las variables claves para la respuesta.

a. Diagrama de causa efecto

Es una herramienta visual para la gestión de la calidad y la resolución de problemas al identificar la relación entre un efecto y sus posibles causas fundamentales. Puede mostrar lógicamente las relaciones de causa y efecto complejas; ya que muestra una relación detallada (ver Figura 7).

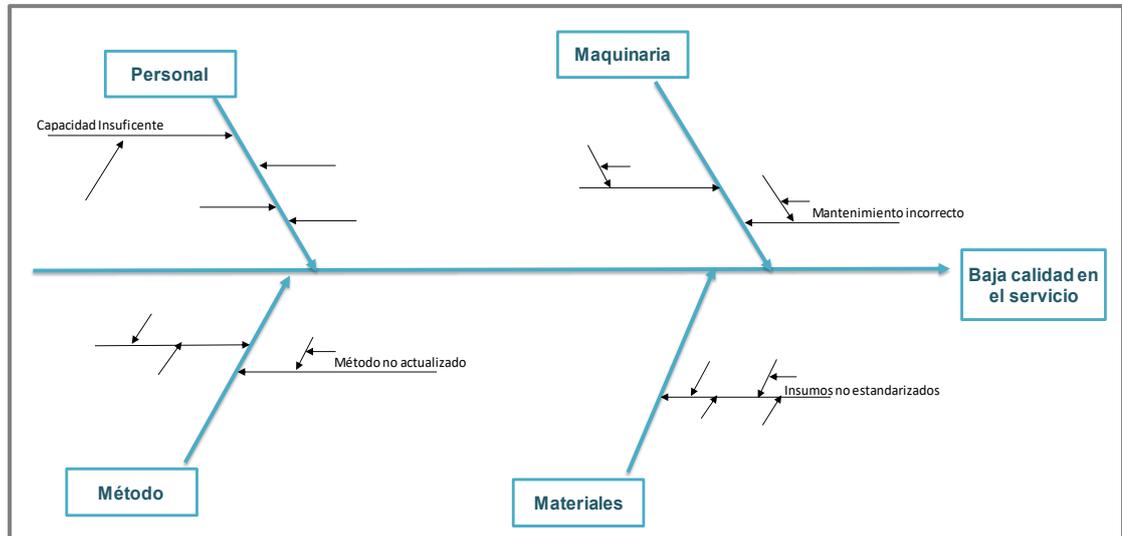


Figura 7 Diagrama Causa-Efecto

b. Pruebas de hipótesis estadísticas

Sirven para dar una conclusión o inferir acerca de una muestra (población) a partir de la observación de datos. Para llegar al resultado se comparan las medias, variancias o proporciones entre dos o más grupos. Existen muchos tipos de pruebas de hipótesis como:

- **1-Sample t:** Para comparar las medias entre una muestra y una referencia conocida.
- **2-Sample t:** Para comparar medias entre dos grupos.
- **Test de pariedad:** Para comparar medias entre dos grupos cuando la data esta emparejada.
- **Test ANOVA:** Para comparar la media entre dos o más grupos.
- **Test de Varianza:** Para comparar la varianza entre dos o más grupos.
- **Test Chi-cuadrado:** Para comparar la proporción entre dos o más grupos.

c. Diagrama de dispersión

Es un gráfico en el que es posible determinar una posible correlación entre un parte de variables de entrada y salida. Se pueden presentar 3 tipos de situaciones: Correlación positiva, negativa o sin ninguna correlación.

d. Regresión

Es un método utilizado para la proyección de valores en base a datos ya conocidos. Para verificar la validez de lo proyectado se verifica con el R cuadrado (toma valores entre 0%-100%) o también llamado coeficiente de determinación o determinación múltiple (en regresión lineal múltiple) que mientras mayor sea este coeficiente mejor será el ajuste al modelo de datos. Entre las regresiones más comunes esta la regresión lineal.

### 1.1.4 Mejorar

Es el cuarto paso de la metodología del Lean Six Sigma, por lo tanto, se diseñan y se llevan a cabo experimentos para optimizar el proceso que se basa en el análisis de datos entre los resultados de los procesos claves, parámetros de rendimiento y variables claves del proceso. Se toma en cuenta la metodología Lean para reducir los residuos y aumentar la eficiencia del proceso. Cabe resaltar que la optimización de procesos no se basa en juicios subjetivos, sino tienen un enfoque científico, real y con datos precisos.

#### a. 5'S

Según Arcidiacono y Calabrese (2012) es un sistema que crea y mantiene un ambiente laboral limpio, ordenado, eficiente y seguro. El nombre del método proviene de 5 palabras japonesas que significan seleccionar, organizar, limpiar, estandarizar y disciplina; las cuales cada una es un proceso consecuente del otro (ver Figura 8). Las ventajas de este método pueden ser evaluado en los siguientes términos:

- **Productividad:** Al tener un ambiente organizado y limpio va eliminar la pérdida de tiempo en buscar equipos o elementos necesarios para el trabajo.
- **Seguridad:** Ayuda reducir los posibles accidentes ya que hace el puesto de trabajo un lugar más ergonómico y confortable.
- **Calidad:** Elimina la posibilidad de utilizar herramientas inadecuadas o descartas previamente.

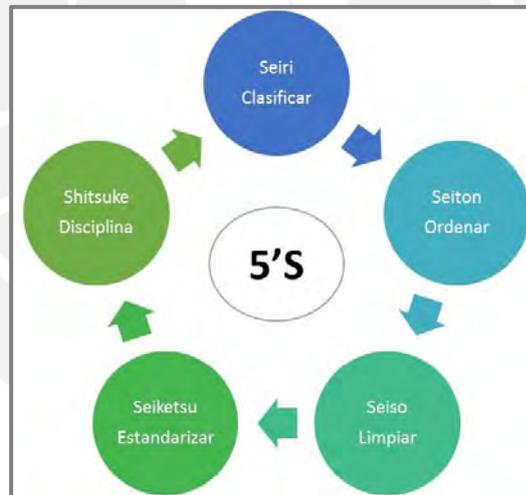


Figura 8 Las 5'S

Fuente: Aprendiendo Calidad y ADR (2012)

#### b. Trabajo estandarizado

Se trata de establecer un trabajo normalizado que utilice la mejor combinación de recursos humanos, materiales y equipos (maquinarias). Se logra a través de la observación continua y la mejora del lugar de trabajo. Tiene como finalidad poder producir en el tiempo, calidad y cantidad requerida por el cliente. El trabajo estandarizado mayormente está compuesto por 3 elementos principales: Tanque de tiempo, trabajo estandarizado en secuencia del proceso y el trabajo.

#### c. SMED

SMED o también conocido como cambio de útiles en minutos de un solo dígito, busca minimizar el tiempo de preparación de una máquina o recurso para realizar

un proceso de producción o servicio. Esta metodología buscar disminuir el tiempo del set up interno convirtiéndolo en set up externo.

d. FMEA

FMEA o Análisis modal de fallos y efectos es un método para identificar y evaluar una lista detallada de posibles fallas o errores de un producto o proceso. Permite dar a conocer las posibles causas, impactos y nivel de gravedad que puedan repercutir en el proceso, servicio o proyecto. Igualmente, se puede utilizar como un método sistemático que permita asignar niveles de prioridad y el grado de correlación o poder simular diversos riesgos con las diferentes soluciones a ser implementado.

e. DOE

DOE o diseño de experimentos es una metodología que investiga los efectos de las variables de entrada sobre una variable de salida. Sirve para identificar las variables clave y las interacciones que influyen en las condiciones del proceso y partes del producto que afectan la calidad y así realizar los mejores ajustes de parámetros de entradas para optimizar la variable de salida.

### 1.1.5 Controlar

Es el quinto paso de la metodología del Lean Six Sigma y por lo tanto se preparan los controles, validan el método y su eficacia utilizado en la mejora para evitar que el proceso vuelva a su estado original. Finalmente se estandariza el método si demuestra su eficacia y se verifica si posibles extensiones del método se pueden utilizar para otros posibles problemas o áreas de la empresa.

a. Gráficos de control

Los gráficos de control son herramientas útiles que indican cuando un proceso está fuera de control que puede estar asociado con eventos o sucesos especiales (ver *Figura 9*). Ayuda a verificar y vigilar la estabilidad de los niveles del performance de los procesos (fabricación, transaccionales y servicios). Caso que el proceso este fuera de control (no estable) es necesaria una acción correctiva.

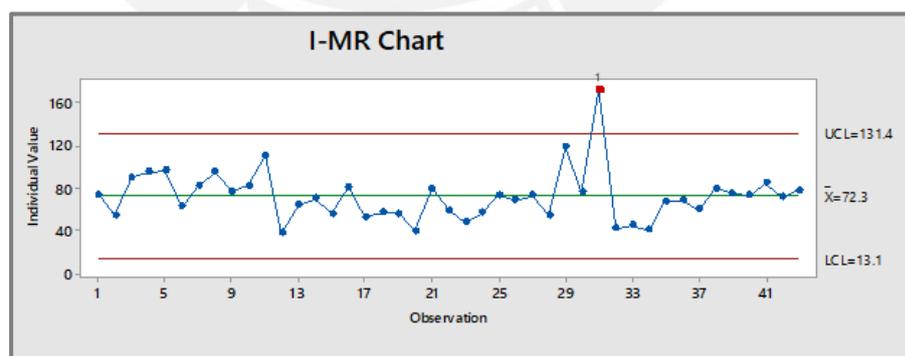


Figura 9 I-MR Chart

Fuente: Minitab Gráficos de Control (2016)

b. Poka Yoke

Poka Yoke o a prueba de errores es una de las técnicas que pretende alcanzar el cero defecto de calidad utilizando técnicas e instrumentos que impidan errores que podría dar lugar a desperdicios. Poka Yoke podría ser una opción de diseño o un sistema de detección en el proceso que ayuda a prevenir los errores antes de que suceda (ver *Figura 10*). Un error aumenta su impacto económico y es natural que la

gente cometa errores, pero es posible prevenir errores humanos antes de convertirse en defectos.

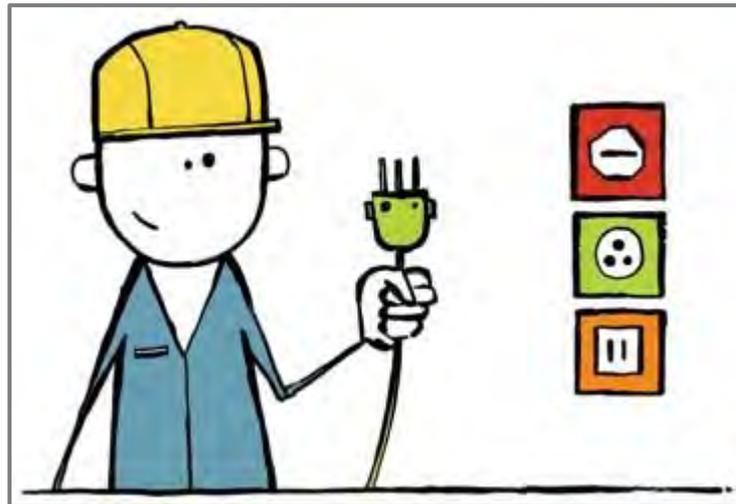


Figura 10 Poka Yoke en interruptores

Fuente: ROI Management Consulting AG

### c. OPL (Lección de un punto)

Lección de un punto u OPL es un método que trasmite un conocimiento específico de forma rápida y eficaz del líder de un grupo a sus integrantes. A través de este método se busca aumentar la habilidad del operario, fomentar el trabajo en equipo, garantizar la calidad el producto. Debe estar escrito lo más simple posible y debe seguir la regla 80-20(Pareto) y el uso de 80% de las imágenes y 20% de las palabras (o menos). La lección debe tomar de 5 a 10 minutos.

## 1.2 Data Mining

Según Pérez (2007), puede definirse inicialmente como un proceso de descubrimiento de nuevas y significativas relaciones, patrones y tendencias al examinar grandes cantidades de datos. Estas técnicas tienen como objetivo descubrir patrones, perfiles y tendencias a través del análisis de los datos utilizando tecnologías de reconocimiento de patrones, redes neuronales lógica difusa, algoritmo genético y otras técnicas de análisis de datos.

También señala que Data Mining es solo el proceso de extracción de conocimiento a partir de datos. Consta de varias etapas que inicia desde el tratamiento de datos que incluye la eliminación de datos erróneos (ruido), la selección del modelo, el entrenamiento del modelo en base a la data de entrenamiento y finalmente la evaluación, y análisis de los resultados con el modelo escogido.

### 1.2.1 Red neuronal

La Red Neuronal es una herramienta de Data Mining que sirve para el aprendizaje y predicción de modelos matemáticos. Principalmente consta de 3 partes: una capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. Cada capa debe contener como mínimo un nodo. A continuación, se muestra un ejemplo de una Red Neuronal con una 1 capa de entrada con 2 nodos, 1 capa oculta de 3 nodos y 1 capa de salida con 1 nodo (ver Figura 11).

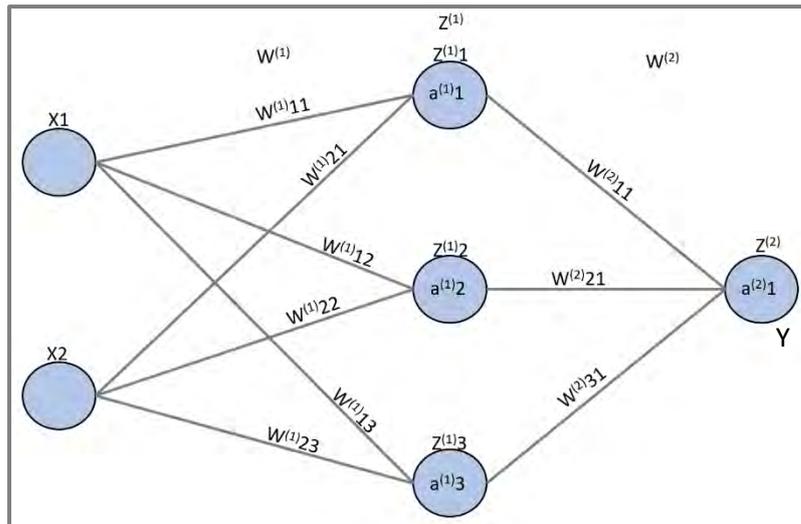


Figura 11 Modelo de Red Neuronal con 1 capa oculta

La capa de entrada contiene los nodos de entrada “X1” y “X2”, mientras que la capa de salida contiene el nodo de salida “Y”. Se busca que la presente Red Neuronal aprenda las siguientes 5 sentencias:

$X1 = 0, X2 = 1 \rightarrow Y = 1$   
 $X1 = 1, X2 = 0 \rightarrow Y = 1$   
 $X1 = 1, X2 = 1 \rightarrow Y = 0$   
 $X1 = 0, X2 = 0 \rightarrow Y = 0$   
 $X1 = 0.4, X2 = 0.5 \rightarrow Y = 0.6$

Por ejemplo en la primera sentencia se espera cuando X1 es igual a 0 y X2 a 1 el resultado sea 1.

Una vez definido los valores que aprenderá la Red Neuronal, se inicia dándole diferentes valores aleatorios a los pesos  $W^{(1)}$  y  $W^{(2)}$ . Como regla práctica se recomienda asignar valores entre 0 y 1 para disminuir la cantidad de cálculos posteriores (ver Figura 12).

$W^{(1)}_{11}: 0.8, W^{(1)}_{12}: 0.4, W^{(1)}_{13}: 0.3, W^{(1)}_{21}: 0.2,$   
 $W^{(1)}_{22}: 0.9, W^{(1)}_{23}: 0.5$   
 $W^{(2)}_{11}: 0.3, W^{(2)}_{21}: 0.5, W^{(2)}_{31}: 0.9$

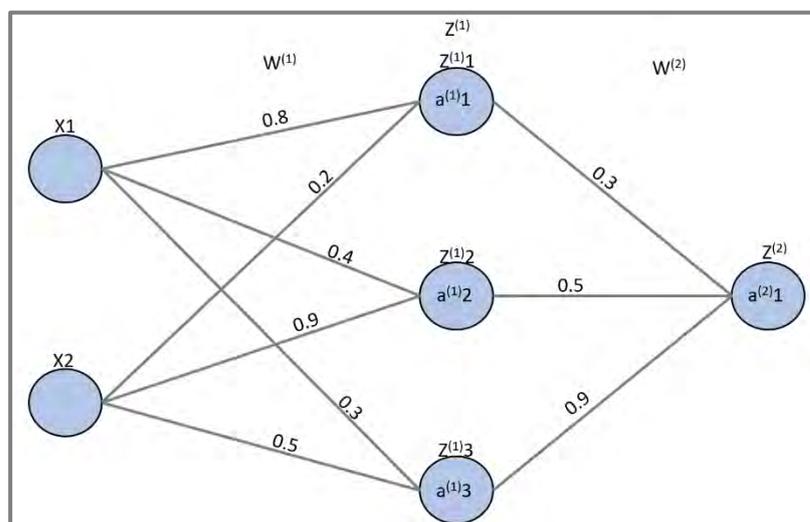


Figura 12 Red Neuronal con pesos aleatorios

Una vez ya definido todos los pesos que unen los nodos entre capas, se procede a entrenar la Red Neuronal con la primera sentencia:  $X_1 = 0, X_2 = 1 \rightarrow Y = 1$ . Con cada valor de los nodos de entrada se busca llegar al nodo de la capa de salida y para llegar (Forward), primero se calculará el valor  $Z^{(1)}$  de cada nodo de la capa oculta con las siguientes fórmulas:

$$Z^{(1)}_1 = X_1 \times W^{(1)}_{11} + X_2 \times W^{(1)}_{21}$$

$$Z^{(1)}_2 = X_1 \times W^{(1)}_{12} + X_2 \times W^{(1)}_{22}$$

$$Z^{(1)}_3 = X_1 \times W^{(1)}_{13} + X_2 \times W^{(1)}_{23}$$

Los  $Z^{(1)}$  de cada nodo serán igual a la sumatoria de los nodos de entrada multiplicados cada uno con su peso respectivo:

$$Z^{(1)}_1 = 0 \times 0.8 + 1 \times 0.2 = 0.2$$

$$Z^{(1)}_2 = 0 \times 0.4 + 1 \times 0.9 = 0.9$$

$$Z^{(1)}_3 = 0 \times 0.3 + 1 \times 0.5 = 0.5$$

Después de calcular cada  $Z^{(1)}$ , se utilizará un sigmoideal (función matemática) para calcular el verdadero valor de los nodos de la capa oculta. Existe una gran variedad de sigmoideales empleados en las redes neuronales y entre ellos el más conocido es  $a(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$  que tendrá un rango de 0 a 1. Esta función matemática servirá para calcular los valores de  $a^{(1)}$  para cada nodo de la capa oculta:

$$a^{(1)}_1 = \frac{1}{1+e^{-0.2}} = 0.5498, \quad a^{(1)}_2 = \frac{1}{1+e^{-0.9}} = 0.7109, \quad a^{(1)}_3 = \frac{1}{1+e^{-0.5}} = 0.62245$$

Una vez obtenidos los valores de los nodos de la capa oculta, se procede a calcular el nodo de la capa de salida. Se efectúan los mismos cálculos que se aplicaron para la capa oculta con la siguiente fórmula para hallar  $Z^{(2)}$  :

$$Z^{(2)}_1 = a^{(1)}_1 \times W^{(2)}_{11} + a^{(1)}_2 \times W^{(2)}_{21} + a^{(1)}_3 \times W^{(2)}_{31}$$

En la fórmula se incluyen los pesos que unen los nodos entre ambas capas y los valores de  $a^{(1)}$  ya antes calculados.

$$Z^{(2)}_1 = 0.5498 \times 0.3 + 0.7109 \times 0.5 + 0.62245 \times 0.9 = 1.08063835$$

Luego se procede a calcular  $a^{(2)}$ , del igual manera que se hizo para  $a^{(1)}$  con la función sigmoideal:

$$a^{(2)} = \frac{1}{1 + e^{-1.08063835}} = 0.74661$$

El valor de  $a^{(2)}$  va a ser igual a  $Y^*$  (nodo de salida); sin embargo, para el aprendizaje de la primera sentencia, se requiere que el valor sea igual a 1. Es por ello que se halla el error estimado:

$$Y - Y^* = 1 - 0.74661 = 0.25339$$

Para que la Red Neuronal logre aprender la sentencia  $X_1 = 0, X_2 = 1 \rightarrow Y = 1$ ; los pesos van a tener que aumentar o disminuir su valor hasta que el valor de  $Y^*$  sea igual a  $Y$ . Se aplicará el método de Backpropagation que consiste en una vez obtenido el error estimado, se va a ir retrocediendo desde  $a^{(2)}$  hasta los nodos de la

capa de entrada con el fin de modificar los pesos. Como se desconoce si se debe aumentar o disminuir estos pesos  $W^{(1)}$  y  $W^{(2)}$ , se deriva el sigmoide para saber si la pendiente es positiva o negativa y con ello ir variando los pesos. La derivada del sigmoide utilizado es la siguiente:

$$a'(z) = \frac{e^z}{(e^z+1)^2}, \text{ además se puede demostrar que } a'(z) = a(z) \times (1 - a(z)).$$

$$\text{Se calcula } a'(2) = 0.74661 \times (1 - 0.74661) = 0.18918$$

Para la capa de salida con la capa oculta:

Con el Backpropagation, se calcula la desviación del error  $\Delta E2 = a'(z) \times (Y - Y^*)$

$$\Delta E2 = 0.18918 \times (1 - 0.74661) = 0.04793571$$

El  $\Delta E2$  viene a ser el error de la capa oculta y se usará para cambiar los pesos.  $W^{(2)'} = W^{(2)} + \mu \times a^{(1)i} \times \Delta E2$ , donde  $\mu$  es el coeficiente de aprendizaje. Para terminos del ejemplo se usará con un  $\mu$  de 0.25.

$$W^{(2)'} = \begin{bmatrix} 0.3 + 0.25 \times 0.549834 \times 0.04793571 \\ 0.5 + 0.25 \times 0.7109495 \times 0.04793571 \\ 0.9 + 0.25 \times 0.62245933 \times 0.04793571 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30658917 \\ 0.50851997 \\ 0.90745951 \end{bmatrix} \text{ de manera que se}$$

$$\text{obtienen estos nuevos pesos: } \begin{bmatrix} W^{(2)'}_{11} \\ W^{(2)'}_{21} \\ W^{(2)'}_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30658917 \\ 0.50851997 \\ 0.90745951 \end{bmatrix}$$

Para la capa oculta con la capa de entrada:

Se calcula la desviación del error  $\Delta E1 = a^{(1)j} \times (1 - a^{(1)j}) \times W^{(2)'} \times \Delta E2$ , donde  $j=1, 2$  y  $3$  que vienen a ser los 3 nodos de la capa oculta.

$$\Delta E1.1 = 0.5498 \times (1 - 0.5498) \times 0.30658917 \times 0.04793571 = 0.00363764$$

Con el nuevo  $\Delta E1.1$  se calculan los nuevos pesos de  $W^{(1)'}_{i1} = W^{(1)}_{i1} + \mu \times X_i \times \Delta E1.1$ , donde  $i= 1$  y  $2$ .

$$W^{(1)'}_{i1} = \begin{bmatrix} 0.8 + 0.25 \times 0 \times 0.00363764 \\ 0.2 + 0.25 \times 1 \times 0.00363764 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8 \\ 0.20090941 \end{bmatrix} \text{ de manera que se obtienen}$$

estos nuevos pesos:

$$\begin{bmatrix} W^{(1)'}_{11} \\ W^{(1)'}_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8 \\ 0.20090941 \end{bmatrix}$$

Luego se calcula  $\Delta E1.2 = 0.7109 \times (1 - 0.7109) \times 0.50851997 \times 0.04793571 = 0.00500933$ .

Con el nuevo  $\Delta E1.2$  se calculan los nuevos pesos de  $W^{(1)'}_{i2} = W^{(1)}_{i2} + \mu \times X_i \times \Delta E1.2$ , donde  $i= 1$  y  $2$ .

$$W^{(1)'}_{i2} = \begin{bmatrix} 0.4 + 0.25 \times 0 \times 0.00500933 \\ 0.9 + 0.25 \times 1 \times 0.00500933 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.90125233 \end{bmatrix} \text{ de manera que se obtienen}$$

estos nuevos pesos:

$$\begin{bmatrix} W^{(1)'}_{12} \\ W^{(1)'}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.90125233 \end{bmatrix}$$

Finalmente se calcula  $\Delta E1.3 = 0.62245 \times (1 - 0.62245) \times 0.90745951 \times 0.04793571 = 0.0102226$ .

Con el nuevo  $\Delta E_{1.3}$  se calculan los nuevos pesos de  $W^{(1)}_{i3} = W^{(1)}_{i3} + \mu \times X_i \times \Delta E_{1.3}$ , donde  $i = 1$  y  $2$ .

$W^{(1)}_{i3} = \begin{bmatrix} 0.3 + 0.25 \times 0 \times 0.0102226 \\ 0.5 + 0.25 \times 1 \times 0.0102226 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.50255565 \end{bmatrix}$  de manera que se obtienen estos nuevos pesos:

$\begin{bmatrix} W^{(1)'_{13}} \\ W^{(1)'_{23}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.50255565 \end{bmatrix}$ , Obteniendo la siguiente nueva Red Neuronal (ver Figura 13):

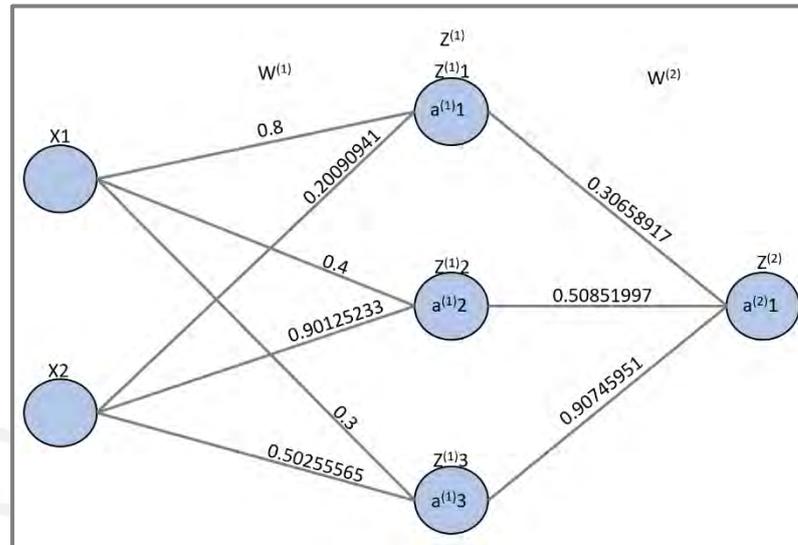


Figura 13 Red Neuronal con nuevos pesos de una iteración

### Comprobación:

Para verificar si el error estimado ha disminuido, se vuelve a repetir los pasos iniciales (Forward) para corroborar que el nuevo  $Y'$  se acerque más a  $Y$  ( $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 1 \rightarrow Y = 1$ )

$$Z^{(1)}_1 = 0 \times 0.8 + 1 \times 0.20090941 = 0.20090941$$

$$Z^{(1)}_2 = 0 \times 0.4 + 1 \times 0.90125233 = 0.90125233$$

$$Z^{(1)}_3 = 0 \times 0.3 + 1 \times 0.50255565 = 0.50255565$$

$$a^{(1)}_1 = \frac{1}{1 + e^{-0.20090941}} = 0.55005908, \quad a^{(1)}_2 = \frac{1}{1 + e^{-0.90125233}} = 0.71120679, \quad a^{(1)}_3 = \frac{1}{1 + e^{-0.50255565}} = 0.62305973$$

$$Z^{(2)}_1 = 0.55005908 \times 0.30658917 + 0.71120679 \times 0.50851997 + 0.62305973 \times 0.90745951 = 1.09570649$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1 + e^{-1.09570649}} = 0.74945$$

El nuevo  $Y' = 0.74945$  se acerca más al valor  $Y = 1$ , mientras que el anterior  $Y'$  era igual a 0.74661 y está ligeramente más lejos del valor. Todos estos cálculos desde el Forward hasta el Backpropagation equivalen a una iteración (Un ciclo completo). Luego se realiza itera para cada una de las siguientes 4 sentencias restantes. Una

vez culminada la quinta sentencia, se vuelve a iterar desde la primera hasta la última sentencia y así sucesivamente hasta llegar a obtener los Y' queridos. A continuación, se muestra la Red neuronal luego de iterar 10,000,000 veces cada una de las 5 sentencias (ver Figura 14).

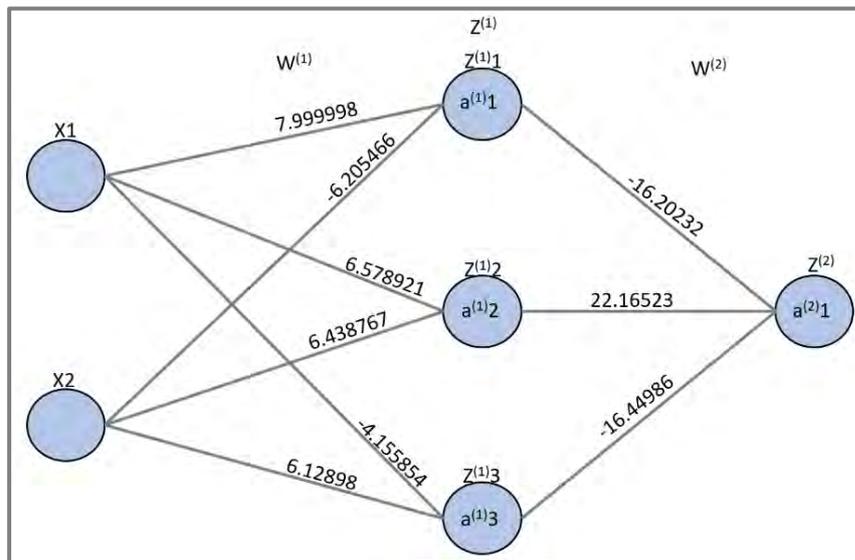


Figura 14 Red Neuronal terminada

Con los pesos ya modificados se procede a validar cada una de las sentencias:

- X1 = 0, X2 = 1 → Y = 1

$$Z^{(1)}_1 = 0 \times 7.999998 + 1 \times -6.205466 = -6.205466$$

$$Z^{(1)}_2 = 0 \times 6.578921 + 1 \times 6.438767 = 6.438767$$

$$Z^{(1)}_3 = 0 \times -4.155854 + 1 \times 6.12898 = 6.12898$$

$$a^{(1)}_1 = \frac{1}{1 + e^{6.205466}} = 0.0020143, \quad a^{(1)}_2 = \frac{1}{1 + e^{-6.438767}} = 0.99840417, \quad a^{(1)}_3 = \frac{1}{1 + e^{-6.12898}} = 0.99782593$$

$$Z^{(2)}_1 = 0.0020143 \times -16.20232 + 0.99840417 \times 22.16523 + 0.99782593 \times -16.44986 = 5.68312486$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1 + e^{-5.68312486}} = 0.99661 \cong 1$$

- X1 = 1, X2 = 0 → Y = 1

$$Z^{(1)}_1 = 1 \times 7.999998 + 0 \times -6.205466 = 7.999998$$

$$Z^{(1)}_2 = 1 \times 6.578921 + 0 \times 6.438767 = 6.578921$$

$$Z^{(1)}_3 = 1 \times -4.155854 + 0 \times 6.12898 = -4.155854$$

$$a^{(1)}_1 = \frac{1}{1 + e^{-7.999998}} = 0.99966465, \quad a^{(1)}_2 = \frac{1}{1 + e^{-6.578921}} = 0.99861258, \quad a^{(1)}_3 = \frac{1}{1 + e^{4.155854}} = 0.01543057$$

$$Z^{(2)}_1 = 0.99966465 \times -16.20232 + 0.99861258 \times 22.16523 + 0.01543057 \times -16.44986 = 5.68376031$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1 + e^{-5.68376031}} = 0.99661 \cong 1$$

- X1 = 1, X2 = 1 → Y = 0

$$Z^{(1)}_1 = 1 \times 7.999998 + 1 \times -6.205466 = 1.794532$$

$$Z^{(1)2} = 1 \times 6.578921 + 1 \times 6.438767 = 13.017688$$

$$Z^{(1)3} = 1 \times -4.155854 + 1 \times 6.12898 = 1.973126$$

$$a^{(1)1} = \frac{1}{1+e^{-1.794532}} = 0.85748201, \quad a^{(1)2} = \frac{1}{1+e^{-13.017688}} = 0.99999778, \quad a^{(1)3} =$$

$$\frac{1}{1+e^{-1.973126}} = 0.87794648$$

$$Z^{(2)1} = 0.85748201 \times -16.20232 + 0.99999778 \times 22.16523 + 0.87794648 \times -16.44986 = -6.17011391$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1+e^{6.17011391}} = 0.00209 \cong \mathbf{0}$$

- $X1 = 0, X2 = 0 \rightarrow Y = 0$

$$Z^{(1)1} = 0 \times 7.999998 + 0 \times -6.205466 = 0$$

$$Z^{(1)2} = 0 \times 6.578921 + 0 \times 6.438767 = 0$$

$$Z^{(1)3} = 0 \times -4.155854 + 0 \times 6.12898 = 0$$

$$a^{(1)1} = \frac{1}{1+e^0} = 0.5, \quad a^{(1)2} = \frac{1}{1+e^0} = 0.5, \quad a^{(1)3} = \frac{1}{1+e^0} = 0.5$$

$$Z^{(2)1} = 0.5 \times -16.20232 + 0.5 \times 22.16523 + 0.5 \times -16.44986 = -5.243475$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1+e^{5.243475}} = 0.00525 \cong \mathbf{0}$$

- $X1 = 0.4, X2 = 0.5 \rightarrow Y = 0.6$

$$Z^{(1)1} = 0.4 \times 7.999998 + 0.5 \times -6.205466 = 0.0972662$$

$$Z^{(1)2} = 0.4 \times 6.578921 + 0.5 \times 6.438767 = 5.8509519$$

$$Z^{(1)3} = 0.4 \times -4.155854 + 0.5 \times 6.12898 = 1.4021484$$

$$a^{(1)1} = \frac{1}{1+e^{-0.0972662}} = 0.5242974, \quad a^{(1)2} = \frac{1}{1+e^{-5.8509519}} = 0.9971311, \quad a^{(1)3} =$$

$$\frac{1}{1+e^{-1.4021484}} = 0.80252459$$

$$Z^{(2)1} = 0.85748201 \times -16.20232 + 0.99999778 \times 22.16523 + 0.87794648 \times -16.44986 = 0.40538878$$

$$a^{(2)} = \frac{1}{1+e^{-0.40538878}} = 0.59998 \cong \mathbf{0.6}$$

Se concluye que la presente Red Neuronal ha podido aprender cada una de las 5 sentencias con un margen de error de 0.00525 (0.5%).

### **1.3 Realidad aumentada**

La Realidad Aumentada es una tecnología que nos brinda la posibilidad de reconstruir y ampliar nuestra experiencia del mundo real a través de la superposición en la imagen de distintas capas de datos virtuales.

La Realidad Aumentada (RA) o Augmented Reality (AR), es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Esta nueva tecnología complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el computador.

Paul Milgram y Fumio Kishino definieron la realidad de Milgram-Virtuality Continuum en 1994 como un continuo que abarca desde el entorno real a un entorno virtual puro estando la Realidad Aumentada en un punto medio entre estos dos entornos.

#### **1.3.1 Realidad aumentada en los Smartphone**

En la actualidad el uso de la Realidad Aumentada en los Smartphone es la más común en comparación a las computadoras con webcam, escaparates digitales, Lentes inteligentes (Google Glass). Las cámaras de los Smartphone no son el único medio para funcionar un programa de Realidad Aumentada, sino también se logra por medio de las pantallas para identificar los marcadores, brújula y el GPS. Los modelos de gama media en el mercado incluyen GPS y cámaras HD.

#### **1.3.2 Desarrollo de Realidad Aumentada**

Vuforia es un kit de desarrollo de Software de Realidad Aumentada (SDK) para dispositivos móviles. Permite reconocer y rastrear objetos planos o tridimensionales a tiempo real a través de la tecnología Computer Visión. Por medio de un algoritmo propio del software rastrea con la cámara el objeto o también conocido como Tarjeta AR para sobreponer un objeto virtual en el mundo real. Vuforia proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) en C++, Java, C# a través de una extensión del motor de juegos Unity.

## CAPITULO 2: Estudio de casos

Para el estudio de casos se recopiló información de diversos documentos acerca de investigaciones que contengan como tema a la mejora de procesos. Además, en especial con la metodología de Lean Six Sigma utilizando la herramienta de la Realidad Aumentada (AR) como principal medio.

### 2.1 Realidad aumentada (AR) como herramienta para el control de la producción y la calidad

De acuerdo con Segovia y otros (2015), la Realidad Aumentada es una herramienta de información visual que puede ser usada en las industrias, donde los reportes a tiempo reales son necesarios para la toma de decisiones. Una organización debe garantizar que sus procesos son monitoreados y constantemente en mejora continua. "La tecnología AR" muestra indicadores del performance clave (KPI) de cada estación de trabajo dentro de una planta industrial. En la presente investigación realizada por los citados, reunieron aparatos de medición y un software CAQ que sirvió para transmitir datos a un dispositivo móvil inalámbrico. La implementación de este sistema resulta en una herramienta dinámica que permite reducir los tiempos de auditoría.

Buscaron tener una capacidad suficiente para proporcionar a sus clientes productos de calidad. Es por ello, que se requieren sistemas de calidad más eficientes cuando se aumentan el volumen de producción.

Realizaron un sistema de Realidad Aumentada (AR) basada en procesos estadísticos de control y la metodología del Lean Six Sigma. El estudio presentado en este caso muestra el beneficio de la Realidad Aumentada como herramienta de ayuda a la comunicación de datos mediante el control de la calidad de los índices de capacidad de un proceso para la toma de decisiones más asertivas.

Los autores del documento de investigación sugieren que el AR puede ser creado con el propósito de ser utilizado como apoyo técnico en industrias de fabricación para facilitar los procesos de mantenimiento o procedimiento de montaje, con el objetivo de reducir el tiempo de funcionamiento y los costes de formación (*ver Figura 15*). Animaciones simples y complejas se pueden generar a partir de modelos CAD en 3D que se muestra a través de una aplicación de gestión mediante un dispositivo móvil, ya sea un Tablet, PC o un teléfono inteligente.

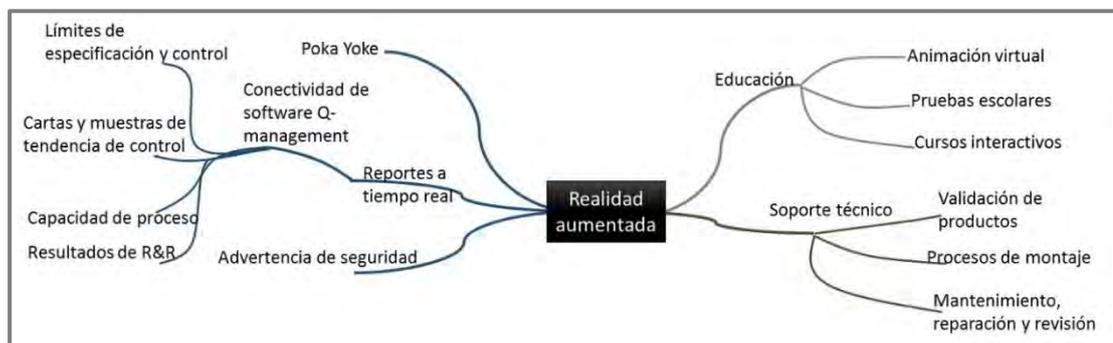


Figura 15 Mapa mental de las principales funcionalidades de la AR

Fuente: Segovia y otros (2015)

El sistema propuesto en este estudio de caso se delimita para ser utilizado en la industria general. Cualquier proceso de fabricación que es capaz de recoger datos de variable aleatoria y usarla en una distribución de probabilidad normal.

La recogida de datos en cada estación de trabajo se realizó mediante diferentes dispositivos de medición en función de la característica de que debe ser analizado. La información se obtuvo a través de llaves de torsión, indicadores digitales, medidores de posición, entre otros. Estos dispositivos transmitieron los datos a través del software CAQ inalámbrica para un enfoque más práctico. Después de esto, el software (QDA) utilizó los datos recogidos con el fin de crear informes en tiempo real que se exportan al sistema AR.

La hipótesis de este primer estudio de caso planteó que surgió la necesidad de tener un acceso más fácil a la información obtenida de la línea productiva. Se estableció que la tecnología de Realidad Aumentada facilita el proceso de toma de decisiones en materia de calidad mediante el uso de índices de capacidad.

El presente sistema RA no enseña al usuario ningún procedimiento ni muestra los modelos virtuales, sino que conecta y muestra la información de un software asistido por el ordenador de la Calidad (CAQ). El sistema puede centrarse únicamente en la información visual en lugar de modelos virtuales superpuestos (diseños en 3D).

Se realizó un muestreo en 5 estaciones de la máquina de fresado, la medición de las dimensiones críticas de cada pieza fabricada. Veinte piezas fueron mecanizadas en cada una de las 5 estaciones de trabajo y sus dimensiones fueron registradas de acuerdo con la pinza y la conectividad inalámbrica en el software de análisis de datos de calidad. Además de estas 100 muestras, el usuario pudo acceder a los datos históricos para una mejor comprensión del proceso. Un pie de rey (Medidor convencional) con conectividad inalámbrica con QDA (Software de análisis de datos) se utilizó para medir el diámetro del agujero mecanizado. Esta metodología (ver Figura 16) es cuantitativa, utilizando estadística descriptiva (generando herramientas gráficas) y la estadística inferencial (cálculo de índices).

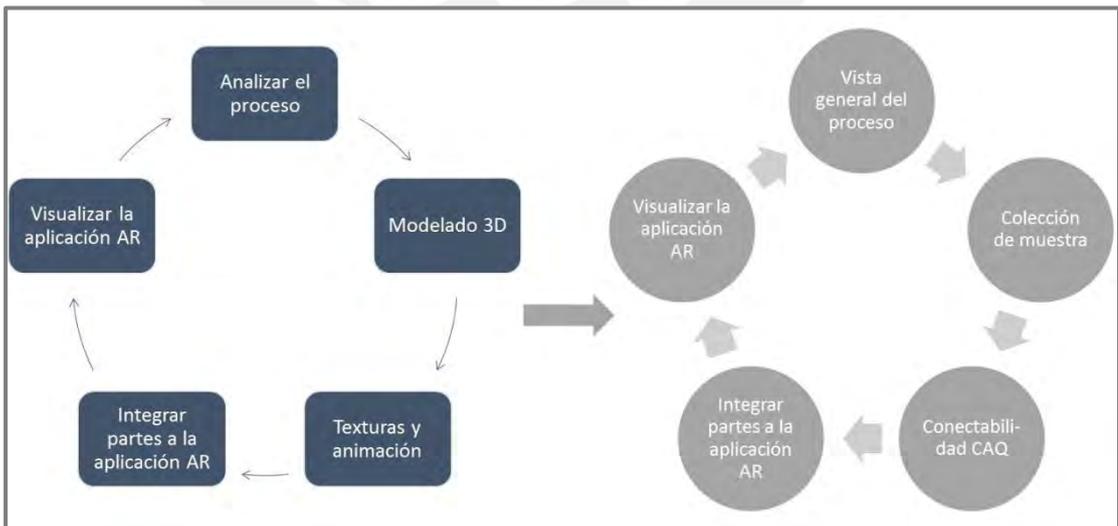


Figura 16 Metodología para el desarrollo de una aplicación AR / CSQ

Fuente: Segovia y otros (2015)

El objetivo principal en esta etapa fue identificar qué indicadores clave de rendimiento (KPI) se debe mostrar en el campo de visión del usuario. Las medidas estadísticas tales como la capacidad del proceso y el rendimiento del proceso podrían ser obtenidos a partir del software CAQ, así como histogramas, diagramas o cualquier herramienta gráfica generada por el propio software. En una decisión consensuada, determinaron que el índice Cpk es el indicador más útil para representar el comportamiento de la producción, este índice proporciona una visión general de la capacidad de proceso y la forma en que se centra en relación con los límites de control.

Los informes generados en el software QDA se exportaron automáticamente a un valor separados por comas (.csv) o un archivo .pdf. Este archivo es la de entrada en la siguiente etapa del proceso. Los datos seleccionados desde el informe PDF fueron analizados y transferidos a la unidad. Una vez dentro de la unidad, son capaces de integrar estos datos en una aplicación para Android o iOS que el usuario pueda visualizarlo.

Wagner D. (2009) Enlista las tareas principales para hacer una aplicación AR funcional de la siguiente manera:

- La inicialización de la interfaz gráfica de usuario (GUI).
- Seguimiento del marcador.
- Estimación de la escala y la posición.
- Representa la creación.



Figura 17 Aplicación AR-QDA en una línea de producción

Fuente: Segovia y otros (2015)

Esta etapa consistió en probar la aplicación AR para identificar cualquier defecto en la programación o la conectividad con QDA. Es importante verificar que los datos que se muestran en el campo de visión del usuario no estén fuera de lugar de las diferentes estaciones de trabajo; ya que la información es relevante y oportuna (ver Figura 17).

Las herramientas utilizadas fueron:

- Asus Google Nexus 7 tablet es el dispositivo móvil en el que la aplicación se ejecutó. Utiliza el sistema operativo Android, con un quad-core unidad

central de proceso de 1,2 GHz. Nexus 7 tiene una memoria interna de 16 GB y 1 GB de RAM.

- Nexus 7 cuenta con GPS asistido (A-GPS), esto incluye sensores como acelerómetro, giroscopio, sensor de proximidad y la brújula.
- El software QDA es capaz de tener conectividad inalámbrica con galgas de medición. QDA se comunica a través de e-mail, SMS e Internet. También genera informes .DOC, .PDF o HTML.

La información recopilada se utilizará en tres escenarios diferentes y se lograron los siguientes resultados:

**Escenario escrito a mano:** Resultó ser la opción más propensa a errores y la más lenta. Los cálculos a mano del índice de capacidad tomaron demasiado tiempo por los cálculos manuales de las medias y desviaciones estándar. Al no tener una ayuda gráfica, el usuario no pudo ser capaz de llegar a una conclusión objetiva.

**Escenario QDA:** El software QDA ahorró mucho tiempo mediante la generación de gráficos y cálculos automáticos. Sin embargo, la única manera para tener acceso a la información era entrando al software. También, existió dificultad para los nuevos usuarios; ya que no estaban familiarizados con la interfaz del programa. Durante una auditoría al departamento de la tienda de máquina, la impresión de los informes de las unidades industriales (donde está instalado QDA) tardaron más tiempo de lo esperado.

**Escenario AR-QDA:** Esta opción resultó ser la más rápida para los cálculos e informes QDA. La funcionalidad de la Realidad Aumentada fue crear una interacción más fácil y reducir el tiempo en el acceso a la información de una unidad industrial. Los usuarios tuvieron un análisis más crítico del proceso debido a que se centraron únicamente en la información sin necesidad de usar la interfaz de QDA.

En el presente documento de investigación concluyó que el sistema propuesto permitió obtener la información de cada estación de trabajo en cualquier frecuencia requerida (Horas, días, semana, mes y año). Además, ayudó en observar las tendencias de cada línea de producción. El hecho de tener acceso a los datos sirvió para una toma de decisiones más correcta y fácil (Registro histórico visible de muestras).

Así mismo, ofreció ser una herramienta educativa para los técnicos debido a que durante los ensayos se tuvo una mayor comprensión de los términos de calidad. La Realidad Aumentada eliminó la recopilación de datos por escrito y cálculos manuales por una ayuda gráfica visual. En consecuencia, Se redujeron los tiempos de trabajo por el hecho del acceso rápido a la información visual y los errores cometidos durante la labor.

Por último, la unión del software QDA con la tecnología de Realidad Aumentada redujo la cantidad de visitas a cada estación, debido que desde una vista general de la línea productiva se podía realizar la consulta de cada estado.

## 2.2 Demostración de herramientas analíticas con la Realidad Aumentada

EISayed y otros (2016) elaboraron el siguiente caso, el cual presentan las técnicas de interacción en tiempo real, que han denominado Análisis situado (SA). SA se basa en dos campos de investigación Análisis visual (AV) y Realidad Aumentada (AR) para proporcionar el razonamiento analítico en el espacio físico. VA es un campo multidisciplinario que abarca las técnicas de razonamiento analítico, mientras que AR enriquece la visión del mundo físico con información contextual a tiempo real. SA combina técnicas analíticas VA con técnicas de AR en la proyección en lugar de la información en el espacio físico.

Consideraron la cuestión de cómo SA puede ser beneficioso para la exploración de datos y la comprensión de la información. SA puede mejorar la toma de decisiones en tres formas: una información más clara presentación al asociar directamente la información con los objetos físicos relevantes, la interacción más natural para la exploración de la información al tocar y manipular objetos físicos, de información y análisis más sofisticado que proporciona información contextual y, en general. SA demuestra en el contexto de una tarea de compras permite la exploración de usuario con la interacción de la información en formas novedosas. Un usuario explora la información general de un producto, presentado a la anotación virtual del objeto sobrepuesto en la parte superior de la caja física. Si el usuario está buscando los productos peruanos, el logotipo de Perú puede ser mostrado en alto relieve para que el usuario pueda interactuar con el objeto físico para explorar más información como los ingredientes impresos en la caja del producto. El sistema SA muestra información analítica visual detallada sobre la base de los ingredientes del producto (ver Figura 18). Por ejemplo, el porcentaje de la ingesta diaria recomendada del usuario (RDI) de una categoría nutricional, como el azúcar o grasa que contiene el producto (ver Figura 19). SA también permite al usuario analizar y comparar la información entre los productos. Como un ejemplo, cuando un usuario selecciona dos productos y los coloca lado a lado, el sistema SA presenta una comparación de los productos seleccionados (ver Figura 20). Para crear el sistema SA se describe, deben ser abordados con el fin de combinar las técnicas de VA y AR una serie de desafíos.

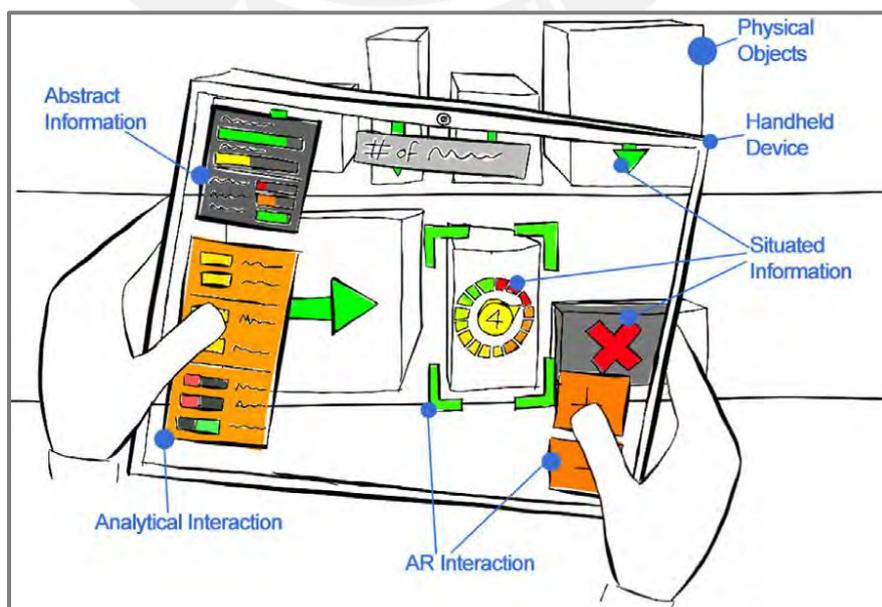


Figura 18 Interacción del sistema AS y su visualización gráfica

Fuente: EISayed y otros (2016)



Figura 19 Ejemplo de representación visual de filtrado

Fuente: ElSayed y otros (2016)

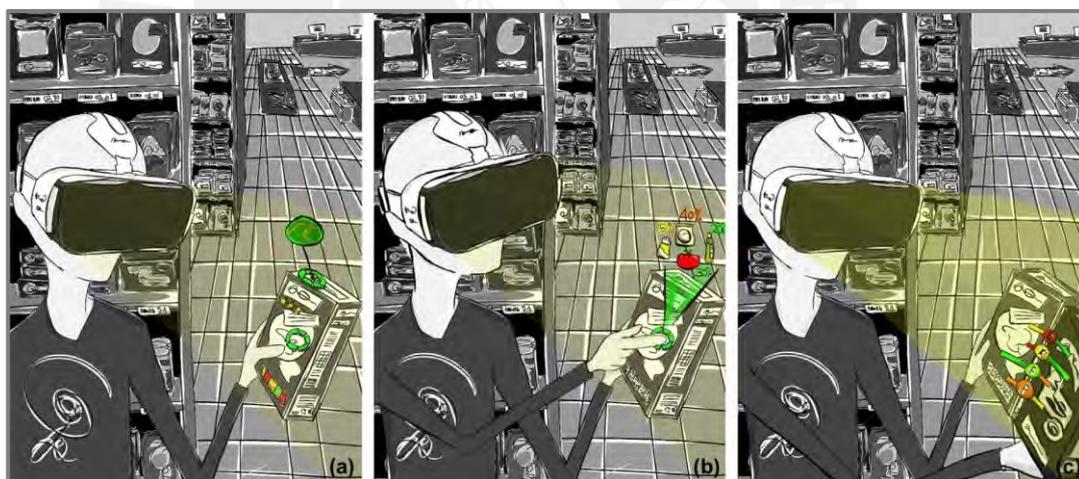


Figura 20 Interacción visualmente con la información de la AR.

(a) Los usuarios pueden ver la información adjunta, (b) interactuar con los objetos físicos para explorar más información, (c) y ver / comparar la información de varios objetos físicos

Fuente: ElSayed y otros (2016)

### 2.3 Mecanizado y Formación Validación de dimensiones utilizando la Realidad Aumentada para un proceso de Lean

Segovia y otros (2015) realizaron esta investigación que se desarrolla en un taller de mecanizado, utilizando una fabricación y proceso de validación dimensional de una parte, la interacción con el torno y la fresadora y con los procedimientos para su aplicación, así como el uso de FARO Gage (brazo de medición) para la validación, por lo que el proceso Lean sea libre de errores y no dependa de la persona que esté llevando a cabo utilizando AR como tecnología para apoyar en estos procesos.

La tecnología de Realidad Aumentada hace que el proceso de fabricación y validación dimensional de una parte sea más eficiente para el operador en el taller de mecanizado. Para este estudio, se consideró el uso de este sistema en el proceso de una parte en el taller de mecanizado. El cronómetro se utilizó para obtener el tiempo necesario para cada paso de los procesos de mecanizado y validación dimensional de la pieza. Se obtuvieron los tiempos en dos etapas: primero sin utilizar AR y después, usando AR. Los resultados se muestran en las siguientes tablas (ver Tabla 1, 2 y 3).

Tabla 1 - Captura de datos general para el estudio

Proceso de mecanizado en torno				
Operación	Tiempo sin R.A (Minutos)	Costo sin R.A (Pesos)	Tiempo con R.A (Minutos)	Costo con R.A (Pesos)
Preparar el torno	20	\$100.00	15	\$75.00
Preparar herramientas	15	\$75.00	10	\$50.00
Centrar pieza	5	\$25.00	3	\$15.00
Refrentado	3	\$15.00	2	\$10.00
Mecanizar diámetro y profundidad	20	\$100.00	15	\$75.00
Mecanizar diámetro exterior	10	\$50.00	7	\$35.00
Colocar y reemplazar herramienta	5	\$25.00	3	\$15.00
Maquinar cara y grosor	10	\$50.00	8	\$40.00
Quitar pieza	2	\$10.00	2	\$10.00
Limpiar el área y la pieza	5	\$25.00	4	\$20.00
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>\$475.00</b>	<b>69</b>	<b>\$345.00</b>

Fuente: Segovia y otros (2015)

Tabla 2 - Captura de datos general para el estudio

Proceso de mecanizado en fresado				
Operación	Tiempo sin R.A (Minutos)	Costo sin R.A (Pesos)	Tiempo con R.A (Minutos)	Costo con R.A (Pesos)
Preparar fresa	30	\$150.00	22	\$110.00
Ubicar herramientas	10	\$50.00	7	\$35.00
Centrar pieza	5	\$25.00	3	\$15.00
Mecanizar superficie	20	\$100.00	15	\$75.00
Mecanizar bordes	5	\$25.00	4	\$20.00
Taladrado y roscado	10	\$50.00	7	\$35.00
Mecanizar dos relieves	5	\$25.00	3	\$15.00
Colocar y reemplazar herramienta	10	\$50.00	8	\$40.00
Mecanizar cavidad por cable	10	\$50.00	7	\$35.00
Mecanizado plano	3	\$15.00	3	\$15.00
Limpiar el área y la pieza	5	\$25.00	4	\$20.00
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>\$565.00</b>	<b>83</b>	<b>\$415.00</b>

Fuente: Segovia y otros (2015)

Tabla 3 - Captura de datos general para el estudio

Proceso de medición en Faro Gage (Brazo de medición)				
Operación	Tiempo sin R.A (Minutos)	Costo sin R.A (Pesos)	Tiempo con R.A (Minutos)	Costo con R.A (Pesos)
Diámetro interno	1	\$16.67	0.5	\$8.33
Profundidad	1	\$16.67	0.5	\$8.33
Diámetro externo	1	\$16.67	0.5	\$8.33
Anchura del relieve	2	\$33.33	1	\$16.67
Profundidad del relieve	2	\$33.33	1	\$16.67
Cavidad del cable	2	\$33.33	1	\$16.67
Ventana de diámetro	1	\$16.67	1	\$16.67
Profundidad de relieve interno	1.5	\$25.00	1	\$16.67
Gruaso	1	\$16.67	0.5	\$8.33
Altura plana	2	\$33.33	1	\$16.67
Remover pieza	1	\$16.67	0.5	\$8.33
<b>Total</b>	<b>15.5</b>	<b>\$258.34</b>	<b>8.5</b>	<b>\$141.67</b>

Fuente: Segovia y otros (2015)

Utilizando los costos y tiempos unitarios de las tablas anteriores, estimaron los costos para producir 240 piezas en un mes de producción, haciendo una comparación cuando se usa el AR. En las siguientes gráficas (ver Figura 21, 22 y 23) se aprecia las diferencias de cada proceso.

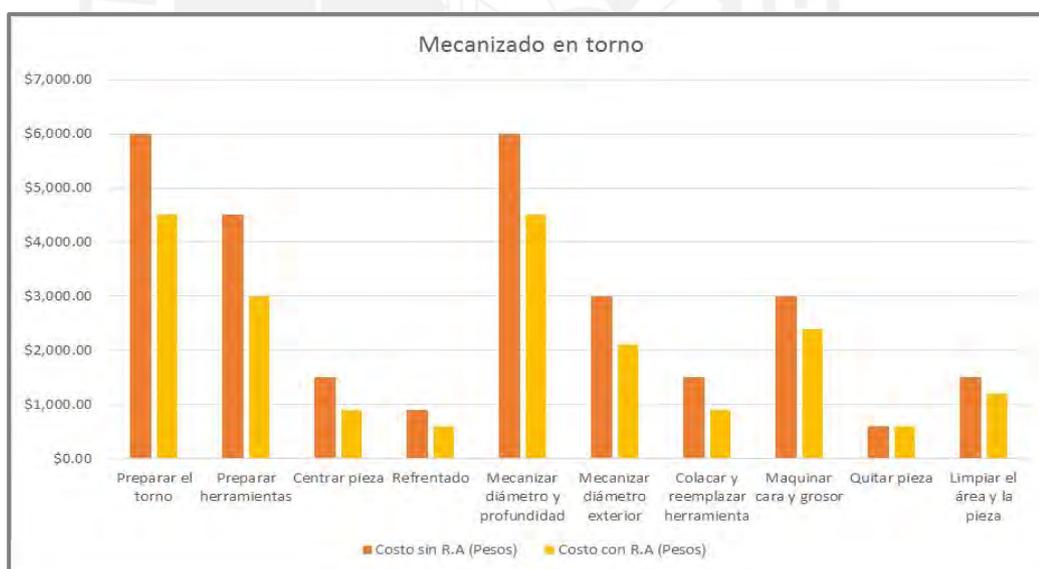


Figura 21 Costos de cada operación del proceso de mecanizado en torno

Fuente: Segovia y otros (2015)

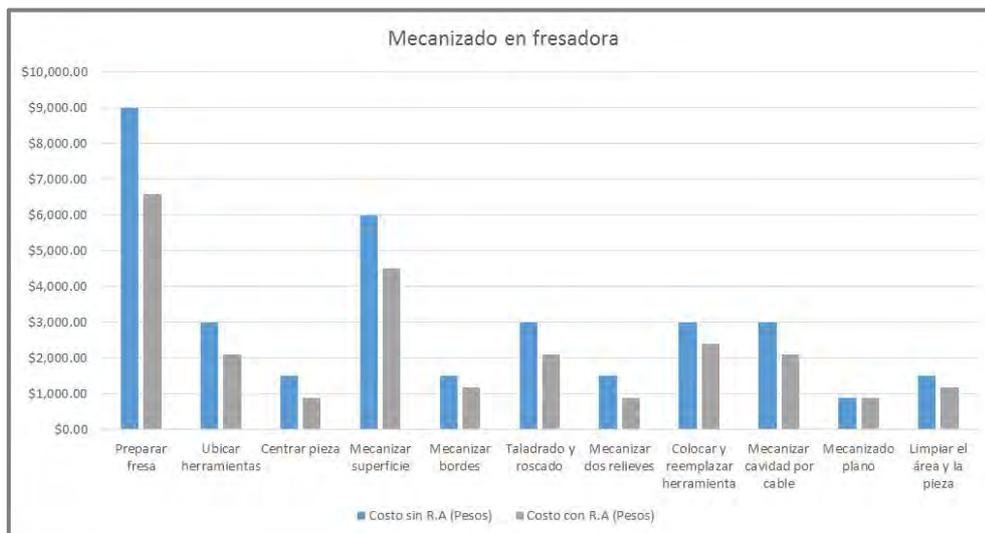


Figura 22 Costos de cada operación del proceso de mecanizado en fresadora  
Fuente: Segovia y otros (2015)

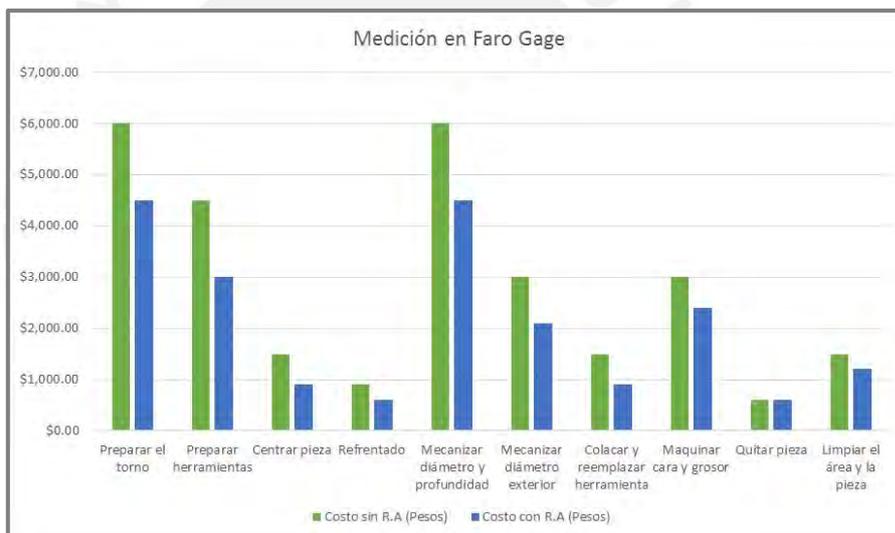


Figura 23 Costos de cada operación del proceso de medición  
Fuente: Segovia y otros (2015)

Se obtuvo como resultado un ahorro de 27.4% (7,800 pesos), 26.5%(9,000 pesos) y 45.2%( 7,000 pesos) en el proceso de mecanizado de torno, mecanizado en fresado y medición en Faro Gage respectivamente. Concluyendo un ahorro total de 23,800 pesos mexicanos (4,034.49 Soles) debido a la reducción de la dependencia de operar con el personal experto, reducción de errores, tiempo en la preparación de los procesos, la validación y en la toma de decisiones durante el mecanizado.

## CAPITULO 3: Descripción de las empresas y diagnóstico

Se investigarán los tipos de empresas que se usarán como modelos en el aplicativo móvil. Por tal motivo, de manera general se explicará acerca de las MYPEs e irá especificando el sector económico y la sección respectiva al que va estar dirigido el presente proyecto. Por facilidad del manejo de la información, se considerará en los siguientes cuadros el término Mipyme que a diferencia de las MYPEs incluyen a las medianas empresas. Este tipo de empresa solo representan el 0.2% por lo que se podrá aproximar la Mipyme a un mismo comportamiento que una MYPE.

### 3.1 Mipyme como MYPE

En el Perú, 10 de cada 100 personas de la PEA (Población económicamente activa) ocupada son conductores de una Mipyme formal y en general son el 60% de la PEA ocupada. Han tenido un crecimiento de 7.4% desde el 2010 al 2014 y la Mipyme está conformada por el 94.9% de Microempresas, 4.5% pequeñas empresas y 0.2% de medianas empresas. El 43.1% registran ventas superiores anuales a 13 UIT. En la siguiente *Tabla 4* muestra el rango de ventas anuales con el porcentaje de participación de la Mipyme.

Tabla 4 - Rango de ventas anuales (UIT) para las Mipyme

<b>Mipymes formales</b>			
Según rango de ventas, 2014			
Rango de ventas anuales (UIT)	Mipyme		
	Número	Part. %	Acumulado
[0-2]	487,936	30.6%	30.6%
<2-5]	144,828	9.1%	39.7%
<5-13]	272,627	17.1%	56.9%
<13-25]	415,903	26.1%	83.0%
<25-50]	95,108	6.0%	89.0%
<50-75]	44,911	2.8%	91.8%
<75-100]	26,659	1.7%	93.5%
<100-150]	30,312	1.9%	95.4%
<150-300]	33,401	2.1%	97.5%
<300-500]	17,143	1.1%	98.5%
<500-850]	11,466	0.7%	99.3%
<850-1700]	9,303	0.6%	99.8%
<1700-2300]	2,635	0.2%	100.0%
<b>Total</b>	<b>1,592,232</b>	<b>100.0%</b>	

Fuente: Ministerio de la Producción (2015)

El 30.6% de las Mipymes tiene un rango de venta anual entre 0 y 2 UIT debido a que la gran mayoría dentro de este grupo son las microempresas. Seguido con un 26.1% de una venta anual entre 13 y 25 UIT. Adicionalmente, se muestra el rango de trabajadores que hay en cada tamaño de empresa (ver *Tabla 5*).

Tabla 5 - Rango de trabajadores de las Mipyme

<b>Mipymes formales</b>								
Según rango de trabajadores, 2014								
Rango de trabajadores	Micro	%	Pequeña	%	Mediana	%	Mipyme	%
[0-5]	1,500,779	98.8%	42,166	59.1%	530	20.1%	1,543,475	96.9%
[6-10]	13,344	0.9%	12,464	17.5%	418	15.9%	26,226	1.6%
[11-20]	3,298	0.2%	9,830	13.8%	684	26.0%	13,812	0.9%
[21-50]	730	0.0%	4,892	6.9%	480	18.2%	6,102	0.4%
[51-100]	100	0.0%	1,473	2.1%	332	12.6%	1,905	0.1%
[101-200]	21	0.0%	369	0.5%	132	5.0%	522	0.0%
Mayor a 201	12	0.0%	119	0.2%	59	2.2%	190	0.0%
<b>Total</b>	<b>1,518,284</b>		<b>71,313</b>		<b>2,635</b>		<b>1,592,232</b>	

Fuente: Ministerio de la Producción (2015)

Lo resaltante de la *Tabla 5* es que tanto para micro y pequeña empresa cuentan entre 0 a 5 trabajadores con un 98.8% y 59.1% respectivamente. Por otro lado, la mayoría de las empresas medianas cuentan entre 11 a 20 trabajadores con un 26%.

### 3.2 Segmentación del modelo de empresa para el proyecto

En la *Tabla 6* se muestran los porcentajes de cada sector económico en comparación del 2010 con el 2014 de las Mipyme.

Tabla 6 - Rango de trabajadores de las Mipyme

#### **Mipymes formales**

Según sector económico, 2010 y 2014

Sector Económico	Mipyme 2010		Mipyme 2014		Variación anual promedio 2010/2014
	N°	%	N°	%	
Comercio	547,651	45.8%	720,299	45.2%	7.1
Servicios	462,850	38.7%	636,336	40.0%	8.3
Manufactura	121,242	10.1%	145,499	9.1%	4.7
Construcción	31,898	2.7%	49,150	3.1%	11.4
Agropecuaria	22,202	1.9%	23,879	1.5%	1.8
Minería	6,375	0.5%	13,530	0.8%	20.7
Pesca	3,493	0.3%	3,539	0.2%	0.3
<b>Total</b>	<b>1,195,711</b>	<b>100.0%</b>	<b>1,592,232</b>	<b>100.0%</b>	<b>7.4</b>

Fuente: Ministerio de la Producción (2015)

La estructura sectorial de las Mipyme se ha mantenido constante en los últimos años (2009-2014) debido a que no ha tenido variaciones significativas. El 85% pertenece a los sectores comercio (45.2%) y servicios (40%). En el sector comercio, su actividad principal es el comercio al por menor. Mientras que el sector servicios son las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler que concentran el mayor número de Mipyme. Adicionalmente, el sector manufactura presenta el 9.1%, siendo la fabricación de prendas de vestir como la de mayor número.

### 3.3 Selección de empresas como modelo del proyecto

Para el presente trabajo, se ha definido que las empresas de servicios serán las que se buscará mejorar sus procesos. Si bien están por debajo de comercio, este es el sector con mayor crecimiento en los últimos años (un sector potencial), con un 2.09% en comparación al año anterior (*ver Figura 24*).

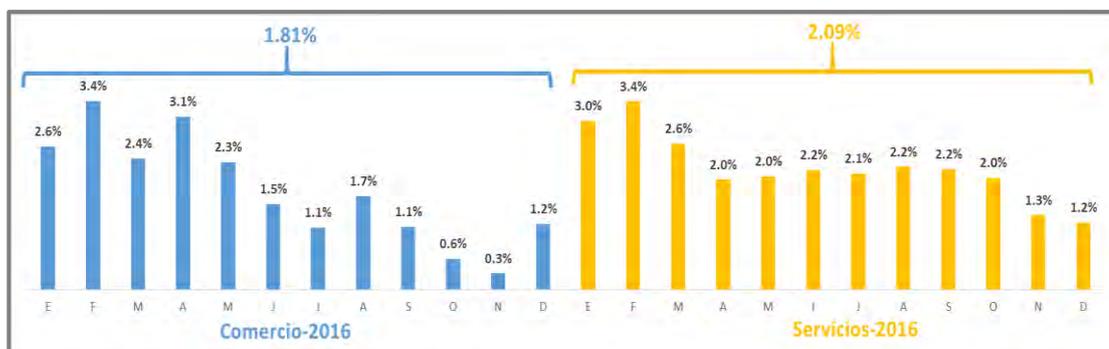


Figura 24 Variación % respecto a similar periodo del año anterior

Fuente: INEI 2016

Aunque ya se segmentó el sector de la Mipyme a utilizar, aún sigue siendo amplio. De manera que en la *Tabla 7* se detalla el porcentaje de participación que tiene cada tipo de Mipyme en el sector de servicio.

Tabla 7 - Sector servicio las Mipyme

**Mipymes formales en sector servicios**

Según sección CIIU, 2014

Sección	Descripción	Nº	%
<b>K</b>	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	212,659	<b>33.4%</b>
<b>O</b>	Otras activ. De servicios comunitarios, sociales y personales	151,911	<b>23.9%</b>
<b>I</b>	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	122,649	<b>19.3%</b>
<b>H</b>	Hoteles y restaurantes	110,425	<b>17.4%</b>
<b>N</b>	Actividades de servicios sociales y de salud (privada)	20,549	<b>3.2%</b>
<b>M</b>	Enseñanza (privada)	13,843	<b>2.2%</b>
<b>J</b>	Intermediación financiera	3,091	<b>0.5%</b>
<b>E</b>	Suministro de electricidad, gas y agua	1,209	<b>0.2%</b>
<b>Total</b>		<b>636,336</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Ministerio de la Producción (2015)

Como objetivo se quiere generar un gran impacto en del sector de servicios, por eso se ha escogido la **sección K** como el tipo de empresa a analizar, debido a que cuenta con el mayor porcentaje de participación (33.4%). Las cuáles serán encargadas de las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler (código puc 4155).

- 415505 Arrendamientos de bienes inmuebles
- 415510 Inmobiliarias por retribución o contrata
- 415515 Alquiler equipo de transporte
- **415520 Alquiler maquinaria y equipo**
- 415525 Alquiler de efectos personales y enseres domésticos
- 415530 Consultoría en equipo y programas de informática
- 415535 Procesamiento de datos
- 415540 Mantenimiento y reparación de maquinaria de oficina
- 415545 Investigaciones científicas y de desarrollo
- 415550 Actividades empresariales de consultoría
- 415555 Publicidad
- 415560 Dotación de personal
- 415565 Investigación y seguridad
- 415570 Limpieza de inmuebles
- 415575 Fotografía
- 415580 Envase y empaque
- **415585 Fotocopiado**
- **415590 Mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo**
- 415595 Actividades conexas

De esta gran lista de empresas, solo se escogerán las de alquiler (equipos en general), de fotocopiado, y de mantenimiento y reparación; por ser las más comunes y asequibles en los distritos de Lima (sobre todo en el Centro de Lima). Conjuntamente estos tipos de empresa facilitan a la aplicación puesto que no se

requieren de indicadores muy específicos o gran variedad de información para el aprendizaje de la Red Neuronal.

Por el mismo motivo, además de las actividades seleccionadas de la sección K, se agregarán los restaurantes al modelo de trabajo del presente proyecto e igualmente por el alto crecimiento que han venido siguiendo en el sector servicios cerrando el mes de diciembre con un incremento +2.29% (INEI 2016).

El índice de producción del sector de servicio ha mostrado ser estacional y se ve reflejado en los meses de noviembre, diciembre y enero tienen los mayores puntos pico y cae a fines de enero hasta febrero de cada año. Esto se explica por el incremento del consumo en vísperas de navidad. Así mismo, existe una tendencia positiva del índice de producción cada año. Sin embargo, entre el mes de julio a agosto 2016 no existió un incremento y se mantuvo constante (*ver Figura 25*).

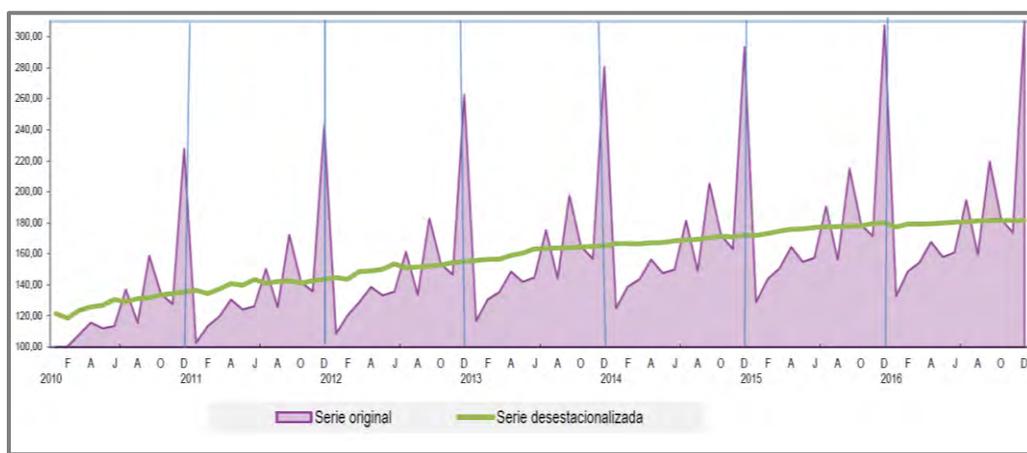


Figura 25 Índice mensual de la producción de servicios prestados a empresas

Fuente: INEI 2016

## CAPITULO 4: Desarrollo de la metodología

Se realizará el presente proyecto para los tipos de servicio ya mencionados en el punto anterior. Estos tendrán sus ejemplos aplicativos del uso de la aplicación desarrollada junto con los pasos a seguir para lograr la mejora en el proceso escogido. Los tipos de modelos de empresas a trabajar son las siguientes:

- Alquiler de equipos, transporte, maquinaria y enseres domésticos.
- Restaurantes.
- Mantenimiento y reparación.
- Fotocopia.

### 4.1 Gestión basada en indicadores

Para que un proceso se pueda mejorar, primero se debe poder medir; ya que es importante poder controlar la evolución con base en datos y hechos. Se busca poder implementar un sistema de indicadores que esté al alcance de todos los que trabajen y desde su dispositivo móvil. Esto conlleva a tener una política abierta en la empresa que fortalecerá la confianza entre personas. Una de las ventajas de tener a la mano los indicadores es compartir el conocimiento sobre cómo va la empresa y que el mismo personal podrá ejercer opiniones y propuestas que agreguen valor.

En la actualidad existen herramientas informáticas de sistemas basados en indicadores que se han implementado mayormente en las empresas medianas y grandes (ver Figura 26). Posibilita el análisis y la toma de decisiones, pues permite la comparación del indicador con su periodo anterior.

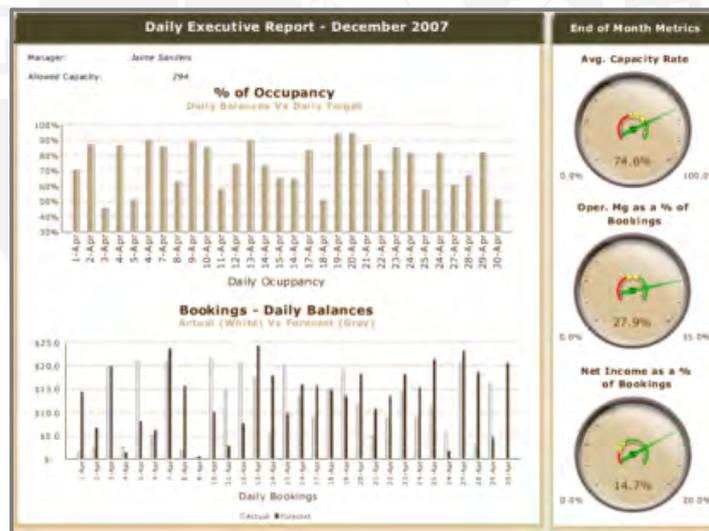


Figura 26 Formato del interface del cuadro de mandos

Fuente: ISOSCORECARD (2016)

En la Figura 26 se muestra un resumen de gráficos mensuales de un hotel, el cual contiene dos gráficos de barra (porcentaje de ocupación y reservas) con su evolución mensual. Además, a la derecha hay tres indicadores: tasa de capacidad, operaciones por reserva e ingresos por reserva. Se resalta el empleo de colores (rojo, amarillo y verde) en los indicadores que permiten una visualización rápida de la situación y favorece la toma de decisiones para corregir las desviaciones detectadas.

El empleo de nuevas tecnologías ayuda a minimizar el uso del papel para los reportes de indicadores y fomentan una política medioambiental.

Continuando con el desarrollo, se debe definir los posibles tipos de indicadores:

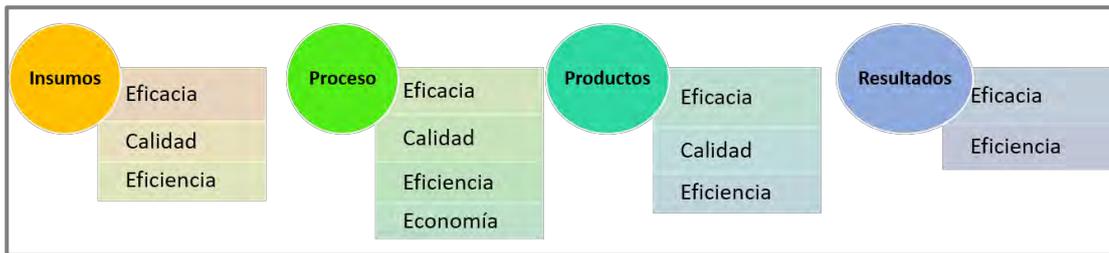


Figura 27 Clasificación de indicadores

En esta imagen se resume la clasificación de los indicadores de según como se miden (eficacia, calidad, eficiencia y economía) y según la etapa del proceso productivo (insumos, proceso, productos y resultados).

Los pasos a seguir son en base a la herramienta del Lean Six sigma que potencia la capacidad de revisión y la evolución de los procesos de forma conjunta:

### 1. Definir

Se debe definir cuál es el proceso del negocio más crítico (Recursos Humanos, Ventas, Finanzas, etc.). Una vez identificado se conceptualiza cada paso del proceso y en ellos escoger el paso de mayor impacto.

Para facilitar la decisión del proceso a escoger, se puede realizar un diagrama SIPOC o un Mapa de Procesos, utilizar la opinión de los mismos trabajadores o las mismas quejas de los clientes (Diagrama Kano) e investigar las causas que lo ocasionan.

### 2. Medir

Una vez localizado el proceso, se debe realizar un diagrama de Pareto para seleccionar la actividad careciente y escoger que tipo de indicador usar como los mencionados en la *Figura 27*. No se trata de poner el máximo número de indicadores; ya que no significa que va a estar controlado todo. Medir demasiadas cosas también resulta ser ineficiente por el tiempo destinado a medirlo.

### 3. Analizar

Se debe monitorear según la frecuencia de repeticiones del indicador (diario, semanal o mensual) y no es recomendable una frecuencia anual, debido a que se espera mucho tiempo y puede ser muy tarde para solucionar. Para realizar el análisis se propone el uso del diagrama causa efecto para identificar la relación entre un efecto y sus posibles causas fundamentales.

### 4. Mejorar

Se deben fijar los objetivos que se quieren lograr en base a los resultados de los indicadores. Al estar al alcance de todos va a permitir que puedan aportar ideas y seleccionar las prioridades que se deban ir trabajando (Matriz de Prioridades). Además, se propone el uso de las 5's como ayuda en mantener un ambiente laboral limpio, ordenado, eficiente y seguro.

### 5. Controlar

Nunca se debe conformar aún si los resultados son óptimos; ya que se debe promover la mejora continua y es donde se aplica la estandarización o la inclusión del Poka Yoke para evitar que vuelvan a ocurrir resultados no deseados.

## 4.2 Algoritmo de la Red Neuronal del proyecto

Para el presente proyecto, se desarrolló una aplicación probada en un Smartphone con un 1GB de RAM que en la actualidad ya vienen ser el mínimo de capacidad y existen como máximo de 6GB en el mercado (TEKNOFILO 2016). Consiste en un sistema basado en indicadores en la cual se podrá digitar todos los datos históricos del proceso a medir. Esta aplicación posee una Red Neuronal capaz de aprender todos los datos digitados de cuatro tipos de atributos (entradas) y en cada una de ellas puede haber como un máximo de once combinaciones. Se pueden tener diversos procesos en el sistema y mediante el uso de la Realidad Aumentada se pueden escanear los valores actuales del proceso e ir grabando un historial por medio de un histograma que permitirá el análisis y seguimiento de dicho proceso.

La Red Neuronal integrada al sistema cuyo algoritmo se diseñó es el siguiente seudocódigo:

### Inicio

```
//Variables
tamañoArray, contador, i, c, d, e, o : Entero
constanteAprende : Float

//Arreglos
Inputs1[tamañoArray] : Float
Inputs2[tamañoArray] : Float
Inputs3[tamañoArray] : Float
Inputs4[tamañoArray] : Float
Outputs1[tamañoArray] : Float

//Entrada y Salida
X1, X2, X3, X4, Y, Yo : Float

//W1
w111, w112, w113, w114 : Float
w121, w122, w123, w124 : Float
w131, w132, w133, w134 : Float
w141, w142, w143, w144 : Float

//W2
w211, w212, w213, w214, w215 : Float
w221, w222, w223, w224, w225 : Float
w231, w232, w233, w234, w235 : Float
w241, w242, w243, w244, w245 : Float

//W3
w311, w321, w331, w341, w351 : Float

//Variables
Z11, Z12, Z13, Z14 : Float
a11, a12, a13, a14 : Float
Z21, Z22, Z23, Z24, Z25 : Float
a21, a22, a23, a24, a25 : Float
Z31 : Float
deltaError, error : Float

errorEstimado21, errorEstimado22, errorEstimado23,
errorEstimado24, errorEstimado25, errorEstimado11,
errorEstimado12, errorEstimado13, errorEstimado14 : Float
```

```

Leer tamañoArray, Inputs1[0] ... Inputs1[tamañoArray-1],
Inputs2[0] ... Inputs2[tamañoArray-1], Inputs3[0] ...
Inputs3[tamañoArray-1], Inputs3[0] ... Inputs3[tamañoArray-1],
Inputs4[0] ... Inputs4[tamañoArray-1], w111, w112, w113, w114,
w121, w122, w123, w124, w131, w132, w133, w134, w141, w142,
w143, w144, w211, w212, w213, w214, w215, w221, w222, w223,
w224, w225, w231, w232, w233, w234, w235, w241, w242, w243,
w244, w245, w311, w321, w331, w341, w351

Para contador =1 hasta 10000000 Inc 1
Mientras i<= tamañoArray -1

X1 = Inputs1[i]
X2 = Inputs2[c]
X3 = Inputs3[d]
X4 = Inputs4[e]
Y = Outputs1[o]

Forward()

HaciaAtras()
i= i+1
c= c+1
d= d+1
e= e+1
o= o+1
Fin Mientras

i =0
c = 0
d = 0
e = 0
o = 0

Fin Para

Escribir
w111,w112,w113,w114,w121,w122,w123,w124,w131,w132,w133,w134,w
141,w142,w143,w144,w211,w212,w213,w214,w215,w221,w222,w223,w2
24,w225,w231,w232,w233,w234,w235,w241,w242,w243,w244,w245,w31
1,w321,w331,w341,w351

FIN

Funcion Forward()

Z11 = X1 * w111 + X2 * w121 + X3 * w131 + X4 * w141
Z12 = X1 * w112 + X2 * w122 + X3 * w132 + X4 * w142
Z13 = X1 * w113 + X2 * w123 + X3 * w133 + X4 * w143
Z14 = X1 * w114 + X2 * w124 + X3 * w134 + X4 * w144

a11 = Sigmoidal (Z11)
a12 = Sigmoidal (Z12)
a13 = Sigmoidal (Z13)
a14 = Sigmoidal (Z14)

Z21 = a11 x w211 + a12 x w221 + a13 x w231 + a14 x w241
Z22 = a11 x w212 + a12 x w222 + a13 x w232 + a14 x w242
Z23 = a11 x w213 + a12 x w223 + a13 x w233 + a14 x w243
Z24 = a11 x w214 + a12 x w224 + a13 x w234 + a14 x w244
Z25 = a11 x w215 + a12 x w225 + a13 x w235 + a14 x w245

a21 = Sigmoidal (Z21)
a22 = Sigmoidal (Z22)
a23 = Sigmoidal (Z23)
a24 = Sigmoidal (Z24)

```

```

a25 = Sigmoidal (Z25)

Z31 = a21 * w311 + a22 * w321 + a23 * w331 + a24* w341 + a25
* w351

Yo = Sigmoidal (Z31)
error = Y-Yo
//back propagation

deltaError = Yo*(1-Yo)*error

Fin Funcion

Funcion HaciaAtras()

//capa w3

w311 = BackPropagation (w311, a21)
w321 = BackPropagation (w321, a22)
w331 = BackPropagation (w331, a23)
w341 = BackPropagation (w341, a24)
w351 = BackPropagation (w351, a25)
//capa w2

errorEstimado21 = a21*(1-a21)*w311*deltaError

w211 = BackPropagationcap1 (w211,a11,errorEstimado21)
w221 = BackPropagationcap1 (w221,a12,errorEstimado21)
w231 = BackPropagationcap1 (w231,a13, errorEstimado21)
w241 = BackPropagationcap1 (w241,a14, errorEstimado21)

errorEstimado22 = a22 * (1 - a22) * w321 * deltaError

w212 = BackPropagationcap1 (w212, a11, errorEstimado22)
w222 = BackPropagationcap1 (w222, a12, errorEstimado22)
w232 = BackPropagationcap1 (w232,a13, errorEstimado22)
w242 = BackPropagationcap1 (w242, a14, errorEstimado22)

errorEstimado23 = a23 * (1 - a23) * w331 * deltaError

w213 = BackPropagationcap1 (w213, a11, errorEstimado23)
w223 = BackPropagationcap1 (w223, a12, errorEstimado23)
w233 = BackPropagationcap1 (w233, a13, errorEstimado23)
w243 = BackPropagationcap1 (w243, a14, errorEstimado23)

errorEstimado24 = a24 * (1 - a24) * w341 * deltaError

w214 = BackPropagationcap1 (w214, a11, errorEstimado24)
w224 = BackPropagationcap1 (w224, a12, errorEstimado24)
w234 = BackPropagationcap1 (w234, a13, errorEstimado24)
w244 = BackPropagationcap1 (w244, a14, errorEstimado24)

errorEstimado25 = a25 * (1 - a25) * w351 * deltaerror

w215 = BackPropagationcap1 (w215, a11, errorEstimado25)
w225 = BackPropagationcap1 (w225, a12, errorEstimado25)
w235 = BackPropagationcap1 (w235, a13, errorEstimado25)
w245 = BackPropagationcap1 (w245, a14, errorEstimado25)

//capa w1

errorEstimado11 = a11 * (1-a11) * (w211 * errorEstimado21 +
w212 * errorEstimado22 + w213 * errorEstimado23 + w214 *
errorEstimado24 + w215 * errorEstimado25)

w111 = BackPropagationcap1 (w111, X1, errorEstimado11)
w121 = BackPropagationcap1 (w121, X2, errorEstimado11)

```

```

w131 = BackPropagationcap1 (w131, X3, errorEstimado11)
w141 = BackPropagationcap1 (w141, X4, errorEstimado11)

errorEstimado12 = a12* (1-a12) * (w221 * errorEstimado21 +
w222 * errorEstimado22 + w223 * errorEstimado23 + w224 *
errorEstimado24 + w225*errorEstimado25)

w112 = BackPropagationcap1 (w112, X1, errorEstimado12)
w122 = BackPropagationcap1 (w122, X2, errorEstimado12)
w132 = BackPropagationcap1 (w132, X3, errorEstimado12)
w142 = BackPropagationcap1 (w142, X4, errorEstimado12)

errorEstimado13 = a13 * (1-a13) * (w231 * errorEstimado21 +
w232 * errorEstimado22 + w233 * errorEstimado23 + w234 *
errorEstimado24 + w235 * errorEstimado25)

w113 = BackPropagationcap1 (w113, X1, errorEstimado13)
w123 = BackPropagationcap1 (w123, X2, errorEstimado13)
w133 = BackPropagationcap1 (w133, X3, errorEstimado13)
w143 = BackPropagationcap1 (w143, X4, errorEstimado13)

errorEstimado14 = a14 * (1-a14) * (w241 * errorEstimado21 +
w242 * errorEstimado22 + w243 * errorEstimado23 + w244 *
errorEstimado24 + w245 * errorEstimado25)

w114 = BackPropagationcap1 (w114, X1, errorEstimado14)
w124 = BackPropagationcap1 (w124, X2, errorEstimado14)
w134 = BackPropagationcap1 (w134, X3, errorEstimado14)
w144 = BackPropagationcap1 (w144, X4, errorEstimado14)
Fin Funcion

Funcion Sigmoidal( z : Float): Float

f : Float
f = 1/(1 + EXP^ (-z))
Retornar f
Fin Funcion

Funcion BackPropagation( w, a : Float): Float

backp : Float
Leer constAprend
backp = w + constAprend * a * deltaerror
Retornar backp
Fin Funcion

Funcion BackPropagationcap1(w, x, error : Float)

backp : Float
Leer constAprend
backp = w + constAprend * x *error
Retornar backp
Fin Funcion

```

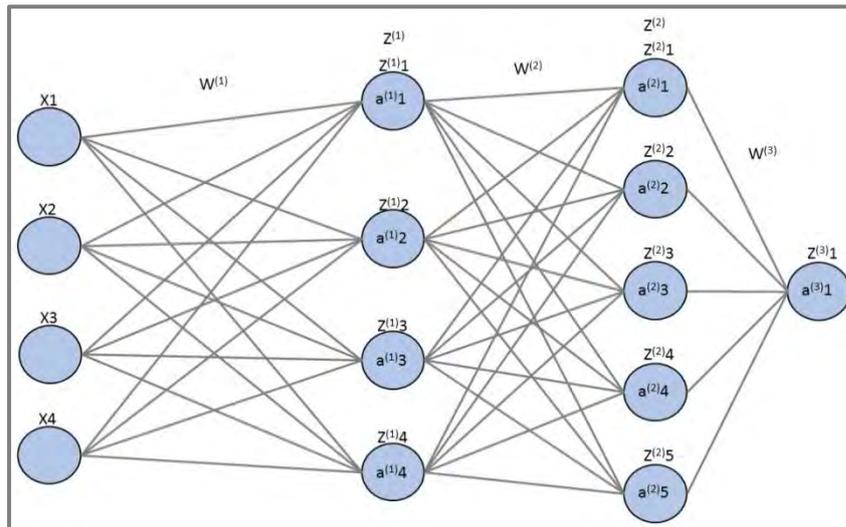


Figura 28 Visualización gráfica de la Red Neuronal del proyecto

La presente Red Neuronal (ver Figura 28) es de 4 entradas, 1 salida y 2 capas ocultas.

### 4.3 Aplicación de la metodología en el aplicativo móvil

Para explicar mejor la aplicación en la gestión basada en indicadores de esta Red Neuronal construida, se realizará a continuación un ejemplo teórico con el indicador de porcentaje del rechazo de un servicio (en general).

*Porcentaje de rechazo del servicio*

$$= \frac{\text{Total de servicios hechos en un día} - \text{Total de servios cumplidos}}{\text{Total de servicios hechos en un día}}$$

Por datos históricos de una empresa (información ficticia para fines demostrativos) se sabe que el número máximo de rechazos han sido 6 servicios y lo máximo que logran atender es de 12 por día (mínimo 2 por día). En un Excel se realizó toda posible combinación (ver Tabla 8).

Tabla 8 - Porcentaje de rechazo del servicio

		Total de rechazos por día						
		0	1	2	3	4	5	6
Total de servicios en un día	2	0%	50%	100%				
	3	0%	33%	67%	100%			
	4	0%	25%	50%	75%	100%		
	5	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
	6	0%	17%	33%	50%	67%	83%	100%
	7	0%	14%	29%	43%	57%	71%	86%
	8	0%	13%	25%	38%	50%	63%	75%
	9	0%	11%	22%	33%	44%	56%	67%
	10	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
	11	0%	9%	18%	27%	36%	45%	55%
	12	0%	8%	17%	25%	33%	42%	50%

Si existieran más combinaciones, se podrían usar intervalos o el uso de los demás atributos (X3 y X4).

El primer atributo es “Total de rechazados por día” (X1) y el segundo “Total de servicios en un día” (X2). Así como varios programas de Data Mining (Ejemplo R y Python), cualquier dato ya sea número o palabra se debe estandarizar. Por ello, aquí también se les hará a todas las posibles combinaciones de los dos atributos.

Existen dos métodos, la ya mencionada estandarización y la normalización. Sin embargo, para que sea más sencillo el procedimiento el presente proyecto no se aplicará ninguna. De igual manera, para fines didácticos se mostrarán las fórmulas respectivamente:

$$X_{stand} = \frac{x - promedio(x)}{desviación\ estándar(x)} \quad ; \quad X_{norm} = \frac{x - mínimo(x)}{máximo(x) - mínimo(x)}$$

Como ya se indicó antes, el sistema empleará el uso de la Realidad Aumentada con las tarjetas AR diseñadas. Existen 4 tipos de tarjetas, una para cada tipo de atributo (ver Figura 29).

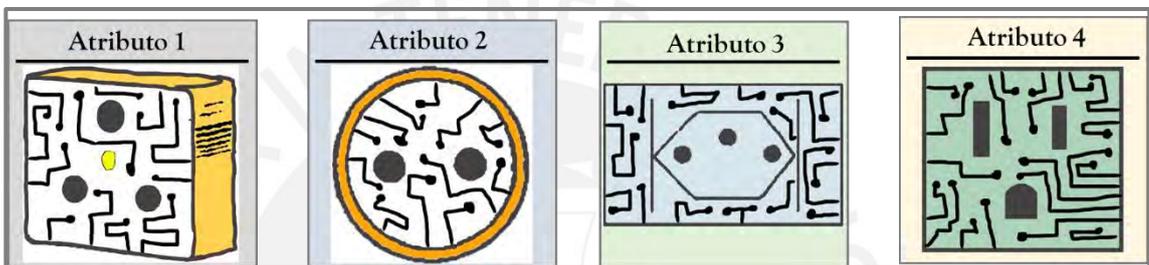


Figura 29 Tarjetas AR de los 4 atributos

Cada tipo de tarjeta de atributo presentará 11 tarjetas para sus variaciones (ver Figura 30).



Figura 30 Tarjetas AR para el atributo 1

Las combinaciones posibles que harán las tarjetas AR son 11, por lo que tomará los posibles siguientes pesos: 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1.

Volviendo con el ejemplo, el primer atributo "Total de rechazados por día" puede tomar los valores 0,1, 2, 3, 4, 5 y 6. Estos números, así como están no se podrán leer en la aplicación, es por eso que se estandarizarán de la siguiente forma:

1. El mayor valor tomará el peso de 1.
2. El menor valor tomará el peso de 0.
3. El valor intermedio tomará el peso de 0.5.
4. Los valores intermedios del atributo 1 tomarán los pesos intermedios mediante una interpolación lineal (redondeo hacia abajo), mientras que los del atributo 2 seguirán en orden creciente de + 0.1 hasta llegar a 1.

Lo mismo se aplicará para el segundo atributo quedando así finalmente (*ver Tabla 9*):

Tabla 9 - Porcentaje de rechazo del servicio

<b>Atributo 1</b>	0	1	2	3	4	5	6					
Peso	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1					
<b>Atributo 2</b>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Peso	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	

Lo mismo sería si las variaciones fueran palabras, por ejemplo: alto, medio y bajo se le podrían poner los pesos 1, 0.5 y 0 respectivamente. Con los pesos ya incluidos se procede a elaborar todas las posibles combinaciones que servirán como datos históricos para la Red Neuronal (*ver Tabla 10*).

Tabla 10 - Combinaciones de ambos atributos

X1	X2	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y
0	2	0%	0	0	1	3	3	100%	0.5	0.1	0
0	3	0%	0	0.1	1	3	4	75%	0.5	0.2	0.3
0	4	0%	0	0.2	1	3	5	60%	0.5	0.3	0.4
0	5	0%	0	0.3	1	3	6	50%	0.5	0.4	0.5
0	6	0%	0	0.4	1	3	7	43%	0.5	0.5	0.6
0	7	0%	0	0.5	1	3	8	38%	0.5	0.6	0.6
0	8	0%	0	0.6	1	3	9	33%	0.5	0.7	0.7
0	9	0%	0	0.7	1	3	10	30%	0.5	0.8	0.7
0	10	0%	0	0.8	1	3	11	27%	0.5	0.9	0.7
0	11	0%	0	0.9	1	3	12	25%	0.5	1	0.8
0	12	0%	0	1	1	4	4	100%	0.6	0.2	0
1	2	50%	0.2	0	0.5	4	5	80%	0.6	0.3	0.2
1	3	33%	0.2	0.1	0.7	4	6	67%	0.6	0.4	0.3
1	4	25%	0.2	0.2	0.8	4	7	57%	0.6	0.5	0.4
1	5	20%	0.2	0.3	0.8	4	8	50%	0.6	0.6	0.5
1	6	17%	0.2	0.4	0.8	4	9	44%	0.6	0.7	0.6
1	7	14%	0.2	0.5	0.9	4	10	40%	0.6	0.8	0.6
1	8	13%	0.2	0.6	0.9	4	11	36%	0.6	0.9	0.6
1	9	11%	0.2	0.7	0.9	4	12	33%	0.6	1	0.7
1	10	10%	0.2	0.8	0.9	5	5	100%	0.8	0.3	0
1	11	9%	0.2	0.9	0.9	5	6	83%	0.8	0.4	0.2
1	12	8%	0.2	1	0.9	5	7	71%	0.8	0.5	0.3
2	2	100%	0.4	0	0	5	8	63%	0.8	0.6	0.4
2	3	67%	0.4	0.1	0.3	5	9	56%	0.8	0.7	0.4
2	4	50%	0.4	0.2	0.5	5	10	50%	0.8	0.8	0.5
2	5	40%	0.4	0.3	0.6	5	11	45%	0.8	0.9	0.5
2	6	33%	0.4	0.4	0.7	5	12	42%	0.8	1	0.6
2	7	29%	0.4	0.5	0.7	6	6	100%	1	0.4	0
2	8	25%	0.4	0.6	0.8	6	7	86%	1	0.5	0.1
2	9	22%	0.4	0.7	0.8	6	8	75%	1	0.6	0.3
2	10	20%	0.4	0.8	0.8	6	9	67%	1	0.7	0.3
2	11	18%	0.4	0.9	0.8	6	10	60%	1	0.8	0.4
2	12	17%	0.4	1	0.8	6	11	55%	1	0.9	0.5
						6	12	50%	1	1	0.5

Para asignar los pesos de las salidas (Y), al resultado de 0% se le colocó el valor de 1 y al de 100% el valor de 0. No se asignó al revés los valores debido a que el sistema está basado en una semaforización por colores (ver Figura 31) siendo el color verde lo más óptimo (peso 1) y rojo lo más negativo (peso 0). Cada color tiene su peso respectivo en el sistema:

- Si el peso Y = 0 (Rojo)
- Si el peso Y > 0 y <= 0.1
- Si el peso Y > 0.1 y <= 0.2 (Anaranjado)
- Si el peso Y > 0.2 y <= 0.3
- Si el peso Y > 0.3 y <= 0.4
- Si el peso Y > 0.4 y <= 0.5 (Amarillo)



Para empezar con la digitación de los datos históricos, lo primero que se debe hacer es entrar a la aplicación y presionar al botón “Ingresar Datos” (ver Figura 32).



Figura 32 Interfaz de la aplicación

Se entra a una nueva ventana que lleva el título “Aprendizaje” y muestra cinco recuadros largos en blancos para digitar valores. Para facilitar el trabajo de digitar valor por valor, se puede enviar todos los datos que ya se separaron por coma (csv) a través de un correo o un mensaje de chat a su dispositivo móvil, copiar esos valores y pegarlos en cada recuadro.

Para caso del ejemplo, solo se tienen los valores para los atributos 1 y 2 (X1 y X2) y la salida (Y); por lo que los demás recuadros se dejarán en blanco y automáticamente la misma aplicación les asignará valor cero. Cuando por primera vez se usa la aplicación es necesario especificar para cuantos procesos se usarán en total; caso contrario arrojará error. En la parte inferior de la interfaz actual hay dos recuadros pequeños en blanco, el que está ubicado en la izquierda es para digitar el total de indicadores y el otro es para que se active lo digitado al darle clic. Ya que sin darle el clic el sistema hará caso omiso.

Al costado derecho del botón Cargar Neurona, hay otro recuadro en blanco, en el cual se debe digitar el número del indicador siempre que se quiera guardar el dato en dicho indicador. Continuando con el ejemplo, se pondrá que la empresa requiere utilizar solo 3 indicadores y el dato del indicador “% del rechazo de un servicio” se guardará en el primer indicador. Los pasos para realizar el procedimiento de aprendizaje de la Red Neuronal son los siguientes (ver Figura 33):

1. Digitar todos los datos para cada uno de los atributos (X1, X2, X3 y X4) y salidas. Caso que no utilicen todos los atributos, se dejan en blanco.
2. Colocar al costado del botón “Cargar Neurona” el número del indicador en el cual son guardados los datos.
3. Colocar la cantidad total de indicadores que se usarán en la aplicación. Se digitará dicho valor en el recuadro en blanco que está ubicado en la parte inferior y para que se logre activar se deberá dar clic al recuadro de la

palabra “Cambiar”. Omitir el paso 3 si ya se especificó con anterioridad el total de indicadores; ya que se debe hacer solo la primera vez que se use.

4. Se presiona el botón “Guardar Valores”. Sirve para que todos los datos de entrada y salida se almacenen.
5. Finalmente se presiona el botón “Cargar Neurona”.

Culminado los 5 pasos, aparecerá una pantalla de cargar y tomará un tiempo aproximado de un minuto y veinte segundos por cada combinación de los datos. Para este ejemplo, se han usado un total de 67 combinaciones que demorará aproximadamente 1h con 25 minutos. Cabe resaltar que el tiempo tomado se realizó en un Smartphone Android con 1GB de RAM.

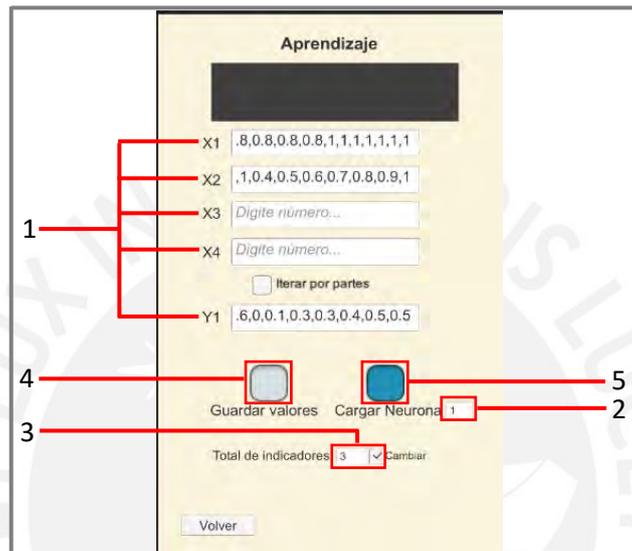


Figura 33 Los cinco pasos de aprendizaje en la interfaz

Cuando se terminó de procesar todos los datos en la Red Neuronal, aparecerá un mensaje en la parte superior que pueden ser dos: “Aprendizaje exitoso” o “Error en aprendizaje”. Este último mensaje puede significar que la cantidad de combinaciones excede a la capacidad de la red o que se digitaron mal los valores.

Como muestra la *Figura 34*, la Red Neuronal aprendió con éxito todas las 67 combinaciones del ejemplo.



Figura 34 Mensaje de aprendizaje de la Red Neuronal

Debido a que el tiempo fue demasiado en cargar cada una de las combinaciones, existe una segunda opción que es la iteración por partes. Básicamente, esta segunda función itera los valores de entrada y salida; pero con una menor cantidad de iteraciones. Sin embargo, no siempre con sola iteración pequeña se lograría el aprendizaje exitoso de la Red Neuronal y es por ello, se tendrá que volver a iterar varias veces hasta lograr un margen de error mínimo. Visto desde otro punto de vista, la Red Neuronal va a guardar los últimos pesos que se iteraron, permitiendo que cuando otra vez se itere, utilice estos mismos y ya no unos pesos aleatorios como aplica el algoritmo planteado. El tiempo puede llegar a reducirse hasta más de la décima parte del tiempo que podría demorar anteriormente.

Para activar esta función, se debe hacer antes de presionar el botón "Cargar Neurona". Se debe hacer clic al recuadro en blanco que dice "Iterar por partes" que se encuentra debajo de la casilla en blanco de "X4". Luego aparecerá el mensaje si fue un aprendizaje exitoso o no y se volverá a iterar de nuevo. Es decir, solamente se retornará a presionar el botón "Cargar neurona" (Se considera que aún se mantiene la casilla de verificación "iterar por partes") hasta que el número salga en el mensaje sea muy parecido al último dato puesto en "Y" (dato de salida). Para caso del ejemplo, ese dato último es 0.5 ubicado en la casilla en blanco de "Y1" en la *Figura 34*.

Si el resultado salió mayor que el último valor de "Y1", al volver a iterar disminuirá el resultado y si salió menor, ira en aumento. La misma Red Neuronal se irá autorregulando hasta llegar al valor óptimo.

Luego se presiona el botón "Volver" para regresar al menú principal y en este se pueden tomar dos diferentes acciones la de corroborar los valores o la de empezar a escanear los indicadores.

Empezando con la primera opción, se va a mostrar una pantalla similar a la de Aprendizaje, pero con el nombre de "Visualizar" y se digitará cualquier combinación que se desee corroborar. Para caso del ejemplo, se usó la combinación de X1: 0.2 y X2: 0.6 y se digitó en el recuadro N° del indicador el valor de 1; porque todas esas combinaciones se guardaron en el indicador 1. Se presiona el botón "Validar" y en la pantalla negra superior se visualizará el resultado (*ver Figura 35*).

The image shows two side-by-side screenshots of a software interface titled "Visualizar".

The left screenshot shows the input fields:

- X1: Digite
- X2: Digite
- X3: Digite
- X4: Digite
- N° del indicador: 0.2
- Validar button
- Volver button at the bottom left

The right screenshot shows the same interface with the following values entered:

- X1: 0.2
- X2: 0.6
- X3: Digite
- X4: Digite
- N° del indicador: 1
- Validar button
- Volver button at the bottom left

Figura 35 comprobación del dato

La segunda opción es seleccionar en el menú principal el botón “Visualizar”. Se verá en la pantalla que se activará la cámara. La metodología del presente proyecto se centrará en esta parte. Primero se debe tener las tarjetas AR puestas ya sea en forma vertical u horizontal; pero que estén visibles para todos los trabajadores. Supongamos que hoy hubo un total de 7 servicios en el día y de todos ellos solo 3 fueron rechazados, esto se podrá representar de la siguiente manera con las tarjetas AR (ver Figura 36).

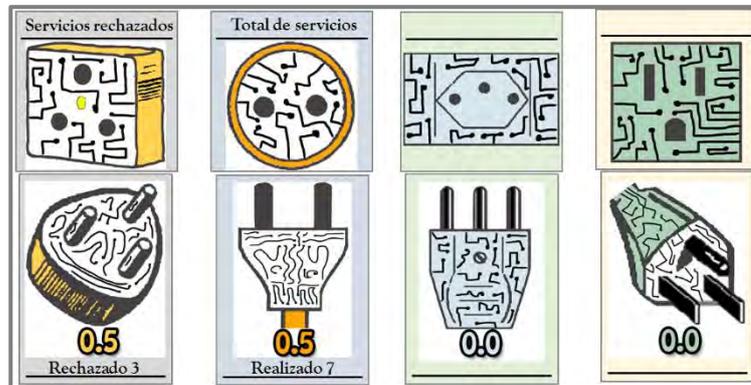


Figura 36 Tarjetas AR para medir porcentaje de servicios rechazados

Se aprecia que el valor de 3 servicios rechazados tenía un peso de 0.5 y el valor de 7 servicios realizados, también tiene un peso de 0.5 que en pasos anteriores se demostró los cálculos de esos pesos. Para que la aplicación logre almacenar los datos del día de este indicador, simplemente deben estar unidas las tarjetas con imagen de tomacorriente con su mismo tipo de enchufe. En el diseño de las tarjetas se aplicó la herramienta Poka Yoke por el hecho de hacer más fácil reconocer que tarjetas unir.

Continuando con la aplicación, para que se escanee los valores, primero se debe poner el número del proceso que se quiere medir. En este caso el valor de 1 se digita en el recuadro inferior derecho. Si se desea guardar el valor del indicador escaneado, en la parte superior de la aplicación hay un recuadro en blanco llamado “Día”, en este se escribirá el día que se tomó y midió en el indicador. Caso que se deje en blanco no se guardará ningún valor.

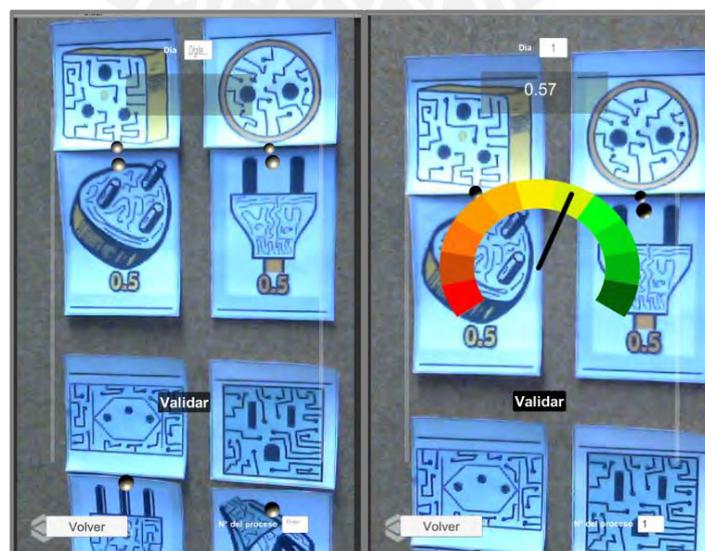


Figura 37 Escaneo de las tarjetas AR

Como se aprecia en la *Figura 37*, la aplicación cuando escanea las tarjetas aparece una bola pequeña de color plateado en cada una de ellas como indicador de que las está leyendo. No es necesario que se vean todas las tarjetas a la vez, basta que las escanee por tipo de tarjeta para que almacene los valores. Terminado de escanear se presiona el botón “Validar” y al frente de la pantalla aparecerá un velocímetro de colores junto con su valor para indicar el resultado del indicador. Para el caso del ejemplo mostró un valor de 0.57 de un color amarillo verdoso que significa que el día ha estado regular tirando para mejor. Si no se logra visualizar bien las tarjetas AR, se puede salir de la aplicación y entrar a la cámara del celular para dejar que se autoenfoque la cámara.

Culminado el paso de escanear las tarjetas AR, se regresa al menú principal para seleccionar al botón “Gráfica”. En esta nueva interfaz se puede visualizar un gráfico de barras de todos los días escaneados por cada indicador. Es muy útil poder comparar los valores con su registro histórico que se ha ido escaneando cada día. Para que se genere el gráfico de barras de algún indicador en la parte inferior derecha hay dos recuadros, uno para el día y otro para el indicador. En el primero se debe digitar hasta que día se quiere que muestre el gráfico de barras y en el otro recuadro para poner a que indicador se hace referencia.

Continuando con el ejemplo, una vez escaneando cada día hasta el día 8 del mes del indicador N° 1. Se digitó el número 8 en el recuadro día y número 1 en el recuadro proceso dando como referencia al número del indicador. Por último, se presiona el botón “Graficar” que está ubicado en la parte inferior para generar el gráfico de barras (*ver Figura 38*).

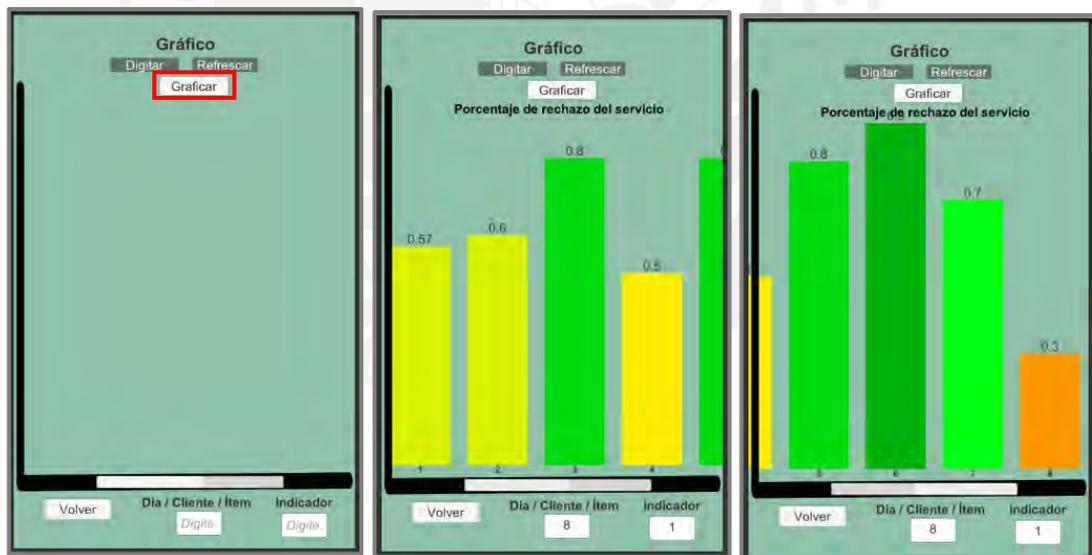


Figura 38 Gráfico de barras del indicador 1

En la *Figura 38* se aprecia que cada barra posee un color distinto que da como referencia a la semaforización la cual ayuda en identificar rápidamente los días no gratos para la empresa. Cuando llegan a haber varios días registrados, hay una barra de desplazamiento horizontal debajo del gráfico que se usará para visualizar los demás días. Si se desea generar otro gráfico de barras de algún otro indicador, lo primero que se debe hacer es presionar el botón “Refrescar” ubicado en la parte superior, caso contrario el nuevo gráfico de barras se pondrá después del último día del gráfico de barras anterior.

Si se desea añadir manualmente los valores de cada día en lugar de haber escaneado las tarjetas AR, al costado del botón “Refrescar” hay uno llamado “Digitar” que hará aparecer una nueva pantalla con tres recuadros en blanco. El primero es para digitar el valor que se muestra en el gráfico de barra (el resultado del indicador), el segundo es el día que supuestamente debió ser guardado el valor y por último es el número del indicador donde se guardará.

Finalmente, para que se guarde el valor se debe de apretar el botón “Guardar”. Para salir de esa ventana en la parte superior derecha hay un botón con forma de “X” que al presionarlo cerrará y volverá a la interfaz anterior donde estaba el gráfico de barras (ver Figura 39).

Figura 39 Ventana para la digitación manual

Una observación importante es que, en la ventana de digitación manual, en la parte inferior hay un recuadro en blanco que dice “Total de indicadores” (ver Figura 39), solamente se deberá digitar si es que en pasos anteriores no se estableció el número total de indicadores. Si se cambia el valor, automáticamente se resetearán todos los gráficos de barra guardados.

### Comprobación de la capacidad del aprendizaje de la neurona

Con el ejemplo del indicador “Porcentaje de rechazo del servicio” se validó cada combinación posible y al comparar con el resultado de la Red Neuronal, el mayor margen de error fue de +/- 0.05 (ver Tabla 11). El tamaño del error se puede disminuir si el número de decimales de las salidas son con dos decimales (más específico) o también si se aumenta el número de atributos (solo se usaron dos atributos). Dicha afirmación se sustenta, al usar pocos atributos ocasiona que haya pesos de la red neuronal que no se usen (conexiones). Cabe resaltar que en este indicador todas las salidas tienen un solo decimal y si el valor que mostró la red neuronal se redondea a un decimal, el mayor margen de error sería cero, mostrando la validez de que el modelo es preciso.

Tabla 11 - Comparación del valor real con el valor Red Neuronal

X1	X2	Valore Real	Red Neuronal	Diferencia	X1	X2	Valore Real	Red Neuronal	Diferencia
0	0	1	1	0	0.5	0.1	0	0	0
0	0.1	1	1	0	0.5	0.2	0.3	0.29	0.01
0	0.2	1	1	0	0.5	0.3	0.4	0.38	0.02
0	0.3	1	1	0	0.5	0.4	0.5	0.48	0.02
0	0.4	1	1	0	0.5	0.5	0.6	0.57	0.03
0	0.5	1	1	0	0.5	0.6	0.6	0.64	-0.04
0	0.6	1	1	0	0.5	0.7	0.7	0.68	0.02
0	0.7	1	1	0	0.5	0.8	0.7	0.71	-0.01
0	0.8	1	1	0	0.5	0.9	0.7	0.73	-0.03
0	0.9	1	1	0	0.5	1	0.8	0.75	0.05
0	1	1	0.99	0.01	0.6	0.2	0	0	0
0.2	0	0.5	0.5	0	0.6	0.3	0.2	0.24	-0.04
0.2	0.1	0.7	0.71	-0.01	0.6	0.4	0.3	0.33	-0.03
0.2	0.2	0.8	0.79	0.01	0.6	0.5	0.4	0.41	-0.01
0.2	0.3	0.8	0.79	0.01	0.6	0.6	0.5	0.5	0
0.2	0.4	0.8	0.82	-0.02	0.6	0.7	0.6	0.57	0.03
0.2	0.5	0.9	0.88	0.02	0.6	0.8	0.6	0.62	-0.02
0.2	0.6	0.9	0.9	0	0.6	0.9	0.6	0.65	-0.05
0.2	0.7	0.9	0.91	-0.01	0.6	1	0.7	0.68	0.02
0.2	0.8	0.9	0.91	-0.01	0.8	0.3	0	0	0
0.2	0.9	0.9	0.9	0	0.8	0.4	0.2	0.17	0.03
0.2	1	0.9	0.89	0.01	0.8	0.5	0.3	0.3	0
0.4	0	0	0	0	0.8	0.6	0.4	0.37	0.03
0.4	0.1	0.3	0.3	0	0.8	0.7	0.4	0.42	-0.02
0.4	0.2	0.5	0.5	0	0.8	0.8	0.5	0.47	0.03
0.4	0.3	0.6	0.62	-0.02	0.8	0.9	0.5	0.53	-0.03
0.4	0.4	0.7	0.69	0.01	0.8	1	0.6	0.57	0.03
0.4	0.5	0.7	0.73	-0.03	1	0.4	0	0	0
0.4	0.6	0.8	0.76	0.04	1	0.5	0.1	0.11	-0.01
0.4	0.7	0.8	0.79	0.01	1	0.6	0.3	0.29	0.01
0.4	0.8	0.8	0.81	-0.01	1	0.7	0.3	0.3	0
0.4	0.9	0.8	0.81	-0.01	1	0.8	0.4	0.41	-0.01
0.4	1	0.8	0.81	-0.01	1	0.9	0.5	0.49	0.01
					1	1	0.5	0.51	-0.01

## CAPITULO 5: Casos de uso

En el presente capítulo contempla diversos ejemplos para los modelos de empresas propuestos desde el capítulo 3, en los cuales se proponen diversos indicadores para las mediciones, así como el uso de la aplicación.

Primero, se deben de conocer las áreas y/o procesos (si es que tienen bien definidas las áreas) más importantes que se efectúan para este tipo de empresas. Segundo, se deben realizar indicadores para cuantificar cada uno de los procesos. Cabe resaltar, la empresa debe iniciar con un proceso sencillo y que presente un significativo impacto económico para emplearlo de ejemplo a los demás procesos.

### 5.1 Empresas de alquiler

Está enfocado para el tipo de empresas encargadas del alquiler de equipos, transporte, maquinaria y enseres domésticos (ver Figura 40).

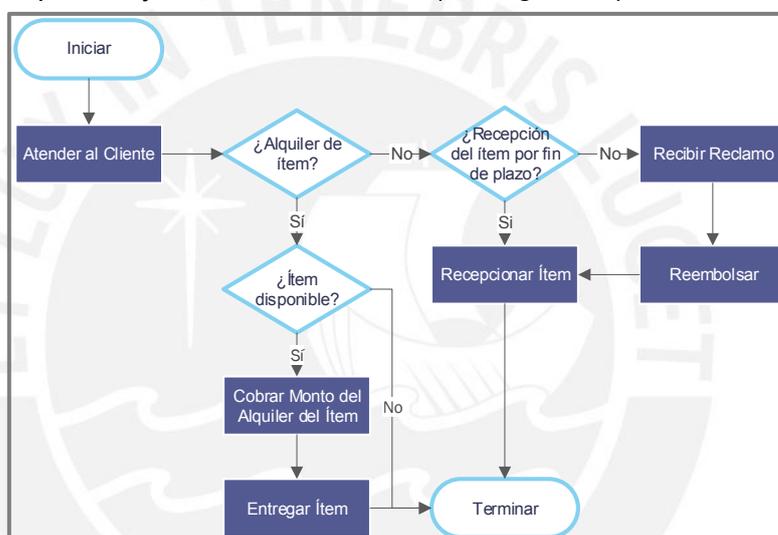


Figura 40 Flujograma básico de una empresa de alquiler

#### 5.1.1 Porcentaje de ingreso al día

Se desea cuantificar el ingreso diario y saber si han llegado por encima de una meta establecida de venta. Existen diferentes maneras de plasmar en la aplicación. Se detallará desde la más simple hasta la forma más compleja y completa.

Por ejemplo, la empresa alquila 9 tipos de ítems (pueden ser más) y cada una posee un precio de alquiler diferente (ver Tabla 12).

Tabla 12 - Lista de precios por ítems

Ítem	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Precio	S/.100	S/.80	S/.250	S/.120	S/.50	S/.300	S/.10	S/.110	S/.90

El atributo 1(X1) es la cantidad de ítems alquilados en el día, el atributo 2(X2) los productos A, B, C, D y E; y finalmente los productos F, G, H y I para el atributo 3(X3) (ver Tabla 13).

Tabla 13 - Asignación de pesos

<b>X1: Cantidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
<b>X2: Tipo producto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>				
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5				
<b>X3: Tipo producto</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4					

La empresa decide tener una meta de 1000 soles de ganancia diaria, por lo que, en base a ello, se empieza a diseñar todas las combinaciones posibles con los atributos. Se toma como línea base la meta propuesta (1000 soles) que tiene un peso de 0.5; ya que es el valor intermedio de 0 a 1. Por ejemplo, si se venden 4 unidades del ítem D habrá un total de  $4 \times 120 = 480$  soles y este valor se debe representar a un peso de la escala del 0 al 1 de la siguiente manera con la regla de tres simple:

$$\begin{aligned} 1000 &\rightarrow 0.5 & \therefore Y &= 0.24 \\ 480 &\rightarrow Y \end{aligned}$$

Así sucesivamente se realizan todas las combinaciones que dan un total de 79. Este total salió de multiplicar las 9 posibles cantidades por los 9 tipos de ítems que dio un total de 81; y como el ítem F vende como máximo 7 unidades y no 9 como las demás se le resta  $81 - 2 = 79$  combinaciones. Se muestran los datos terminados para ser puesta en la aplicación en el *Anexo 1*.

Entonces, si el día de hoy se alquilaron 4 unidades del ítem D, con las tarjetas AR se debe utilizar:  $X1 = 0.4$  (4 unidades),  $X2 = 0.4$  (ítem D),  $X3 = 0$  (no se usan esos ítems) y  $X4 = 0$  (atributo vacío). Sin embargo, si en el día se venden diferentes tipos de productos, que es lo que sucede en la realidad. Dando como ejemplo, se vendieron 2 ítems de A, 4 de E y 3 de H. La aplicación primero escanea los valores del ítem A, pero si luego escanea los del ítem E esto sobrescribiría el valor anterior. Es por ello, se recomienda escanear el segundo ítem en el siguiente slot y así sucesivamente. Luego en la misma aplicación se selecciona desde donde se deben sumar los pesos escaneados y sobrescribirlos en el día actual.

- 2 ítems de A =  $2 \times 100 = 200 \rightarrow 0.1$
- 4 ítems de E =  $4 \times 50 = 200 \rightarrow 0.1$
- 3 ítem de H =  $3 \times 110 = 330 \rightarrow 0.165$

Da un total de 730 soles y si se realiza la regla tres simple tendrá un peso de 0.365 que sería lo mismo que sumar los pesos 0.1, 0.1 y 0.165. Básicamente esa misma operación realiza la aplicación.

Si la empresa de alquiler posee un mayor número de tipos de ítems, se podrá utilizar el atributo 4 ( $X4$ ) que no se usó en el presente ejemplo. Caso que el número sea mucho más grande se puede hacer el artificio de crear un nuevo "indicador dos" con los ítems restantes y luego en la misma aplicación se suma los pesos entre el "indicador dos" y recién este peso consolidado, sumarlo en algún slot del "indicador 1"; y sobrescribir el valor en el día actual del indicador 1.

### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan la Red Neuronal. Luego, en las tarjetas AR se escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 13* de asignación de pesos. Se utiliza el ejemplo del día 1, el cual se alquilaron 4 unidades del ítem D y se escanea cada tarjeta respectiva (ver *Figura 41*).

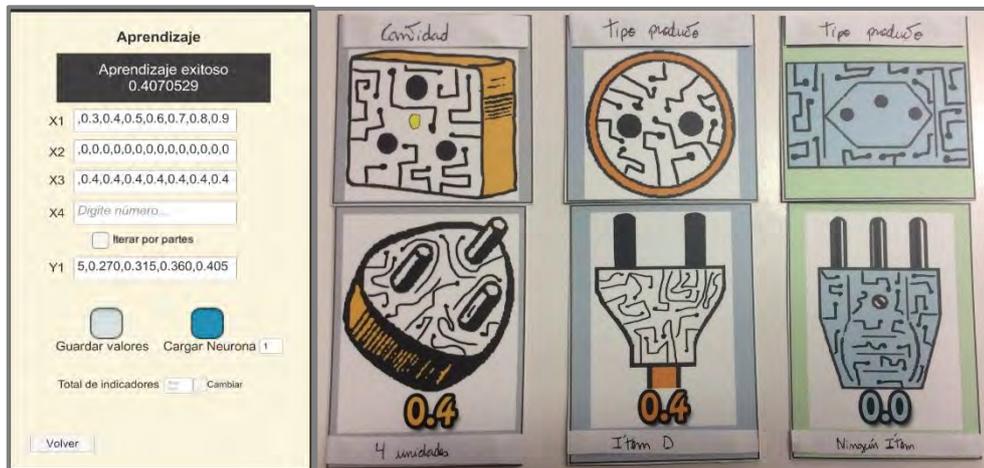


Figura 41 Aprendizaje del indicador 1 y Tarjetas AR nombradas

Recordar que no es necesario que se vean todas las tarjetas AR respectivas para generar el resultado del indicador, basta con que se escanee una por una.

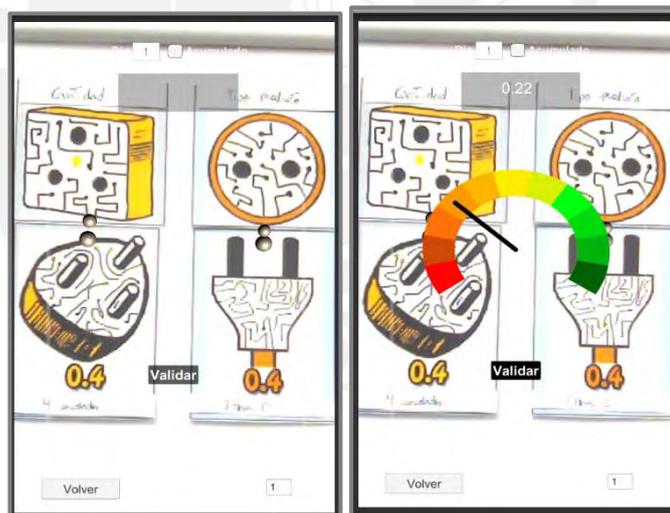


Figura 42 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Como se aprecia en la *Figura 42*, el resultado del día 1 fue de 0.22 o 22% de la meta diaria de ventas. Como se mencionó antes, lo normal es que se alquilen diferentes variedades de ítems y para dar uso de ello, se usa el mismo ejemplo propuesto, solo que para el día 2 hubo más de un solo alquiler. Se escanea los 2 ítems de A para el día 2, los 4 ítems de E para el día 3 y finalmente 2 ítems de H para el día 4, aun así, todo haya ocurrido en el día 2. Se procede con visualizar la gráfica sobre cómo van quedando los porcentajes de ingreso al día.

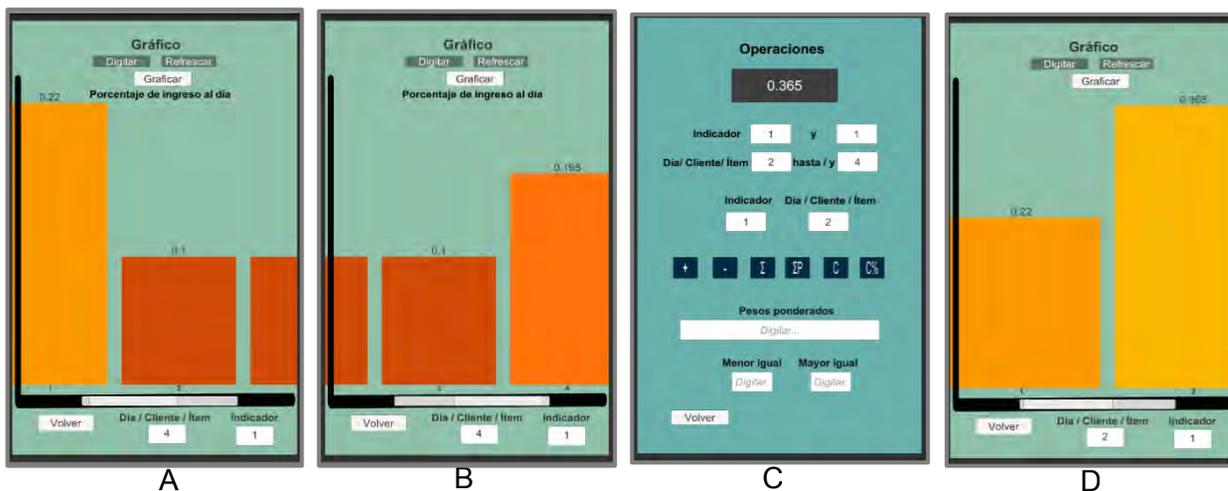


Figura 43 Visualización de la gráfica y operación de indicadores

En la *Figura 43*, se observa la figura A y B que muestra los valores del indicador por cada día; Sin embargo, los valores del día 2, 3 y 4 deben de estar en el día 2 y es por ello que en la misma aplicación se entra a la ventana de operaciones. Se digita en ambos indicadores el valor de “1” que hace referencia al indicador 1 y en la parte de día se pone desde el día 2 hasta el día 4 que son los que se busca sumar.

Luego, en la parte de abajo, hay dos espacios vacíos en que se pondrá que indicador y día se guarda el valor de la sumatoria. El valor de la sumatoria se guarda en el día 2 del indicador 1 y para que se ejecute la operación se presiona el botón “Σ” (sumatoria) así como muestra la figura C. Finalmente, para volver a visualizar la gráfica se retorna a la ventana Gráfico y se ve ya sumado los montos en el día 2 en la figura D.

### 5.1.2 Porcentaje de equipos alquilados

Poder medir la cantidad de equipos alquilados diariamente ayuda a conocer su frecuencia de uso y ver si se necesita comprar otro equipo por su nivel de demanda o simplemente darle de baja. Continuando con los mismos datos del anterior indicador, se añade el stock existente por cada ítem (*ver Tabla 14*).

Tabla 14 - Lista de stock por ítem

Ítem	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Stock	12	12	10	12	13	7	13	11	9

El atributo 1(X1) y atributo 2(X2) es la cantidad de ítems alquilados en el día, los productos A, B, C, D y E para el atributo 3(X3) y finalmente los productos F, G, H y I para el atributo 4(X4) (*ver Tabla 15*).

Tabla 15 - Asignación de pesos

<b>X1: Cantidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
<b>X1: Cantidad</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4					
<b>X3: Tipo producto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>				
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5				
<b>X4: Tipo producto</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4					

Si el día de hoy se alquiló 6 ítems del tipo H, significa que se han alquilado el 55% de los 11 que hay en stock. A este resultado, se le asigna un peso entre el 0 al 1, y como es un porcentaje, simplemente se divide entre 100 obteniendo un peso de 0.55 (Y1). Así para cada uno de los casos se asigna un peso de salida hasta llegar a un total de 99 combinaciones posibles (el número total de ítems que hay en stock). Se muestran los datos terminados para ser puesta en la aplicación en el Anexo 2.

Entonces si hoy se alquilan 7 ítems del tipo B, con el uso de las tarjetas AR se debe utilizar: X1 = 0.7 (7 unidades), X2 = 0 (no se usan esas cantidades), X3 = 0.2 (ítem B) y X4 = 0 (no se usan esos tipos de ítems). Al igual que el anterior indicador, cuando en un mismo día hay varios pedidos de diferentes ítems se puede ir guardando en otro slot el otro producto para finalmente unirlos en un mismo indicador. Sin embargo, a diferencia del anterior ejemplo, para este indicador una suma simple entre valores escaneados no significa un verdadero valor. En cambio, si se le hace un promedio ponderado si tendrá un resultado coherente. Esto se debe a que cada ítem tiene una diferente cantidad de stock. Se detalla mejor con este ejemplo:

- Se alquilan 8 ítems de C -> Y = 80% -> 0.8
- Se alquilan 2 ítems de F -> Y = 29% -> 0.29
- Se alquilan 4 ítems de I -> Y = 44% -> 0.44

Si se suma los valores resultantes  $0.8 + 0.29 + 0.44 = 1.53$ ; no va a significar que se han alquilado el 153% del total entre los 3 tipos de ítems. En cambio, si se realiza una suma ponderada con sus respectivos valores de stock se obtiene el verdadero valor:

$$\frac{10}{10+7+9} \times 0.8 + \frac{7}{10+7+9} \times 0.29 + \frac{9}{10+7+9} \times 0.44 = 0.54$$

Lo mismo es si se suma los ítems alquilados del día:  $8+2+4 = 14$  y se divide entre el total del stock de los 3 ítems:  $10+7+9 = 26$  dando un total del 54% de alquilados entre los 3 ítems. Por otro lado, lo más recomendable es que el indicador refleje la cuenta del total de todo el stock (99 ítems) que hay en el almacén y no solo lo del día, por lo que se reformuló los siguientes pesos ponderados en base al total (ver Tabla 16).

Tabla 16 - Pesos ponderados en base al total del stock

Ítem	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Pesos ponderados	0.12	0.12	0.1	0.12	0.13	0.07	0.13	0.11	0.09

Para el mismo ejemplo considerando el stock de todo el almacén se obtendrá el valor de 14% (0.14).

$$0.1 \times 0.8 + 0.07 \times 0.29 + 0.09 \times 0.44 = 0.14$$

Así como se ha realizado los cálculos manualmente para sintetizar todo en un solo indicador los alquileres de un día, la misma aplicación va a poder permitir unir los indicadores guardados en cada slot y poner sus pesos ponderados.

### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 2. Luego, en las tarjetas AR se escribe su respectivo nombre en base a la tabla 15 de asignación de pesos. Se utiliza el ejemplo del día 1, el cual se alquilaron 7 unidades del ítem B y se escanea cada tarjeta respectiva (ver Figura 44).

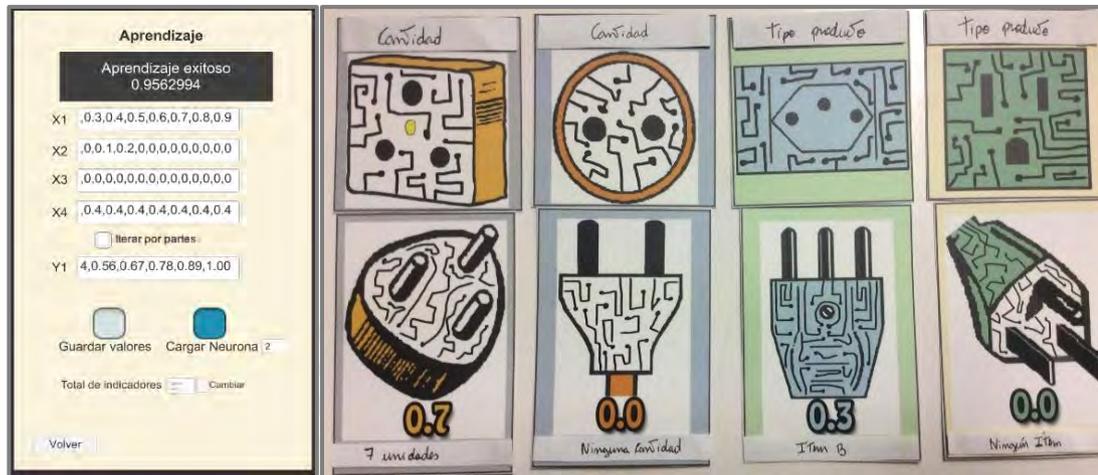


Figura 44 Aprendizaje del indicador 2 y Tarjetas AR nombradas

Se procede con el escaneo del día 1, que da un resultado de 0.69 o 69% (ver Figura 45). Dicho valor significa que se alquiló en el día el 69% del total del stock de ítems B, pero no refleja el total del stock del almacén que incluiría los demás tipos de ítems.



Figura 45 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Al igual que el anterior indicador de Porcentaje de ingreso al día, lo normal es que se alquilen diversos tipos de ítem y se usan los mismos datos del ejemplo propuesto, solo que para el día 2 estos sucesos son de múltiple alquiler. Se escanea los 8 ítems de C para el día 2, los 2 ítems de F para el día 3 y finalmente 4 ítems de I para el día 4 aun así, todo haya ocurrido en el día 2.



Figura 46 Visualización de la gráfica

Luego se ingresa a generar la gráfica de este segundo indicador, así como se muestra en la *Figura 46*. Sin embargo, estos resultados no reflejan el valor verdadero; ya que solo son los valores en base a su respectivo stock por lo que no se sabe el porcentaje total de equipos alquilados en el día.

Se aplica una suma ponderada empezando con el día 1 (*ver Figura 47A*). Como solo fue un solo alquiler, solamente se le multiplica por un solo factor, el cual es sacado de la *Tabla 16* y se realiza la siguiente operación usando el peso 0.12 (peso ponderado de B).



A

B

Figura 47 Operación de indicadores

Para el día 2 (*ver Figura 47B*), se hace también la suma ponderada de los 3 ítems alquilados que se guardaron en días diferentes que van desde el día 2 al 4. Asimismo, se le pone su respectivo peso ponderado de 0.1 para C, 0.07 para F y 0.09 para I. Para que se logre ejecutar la sumatoria ponderada, tanto para el día 1 que se aplica y para el día 2, se debe presionar el botón “ΣP” y se visualiza el resultado en la *Figura 48*. Cabe resaltar que toda la sumatoria ponderada del día 2 al 4 se debe guardar en el día 2 del respectivo indicador.

Finalmente, en la ventana de gráfica se vuelve a generar hasta el día 2, ya con los verdaderos valores y se concluye que el segundo día el porcentaje de alquiler llegó al 13.99%

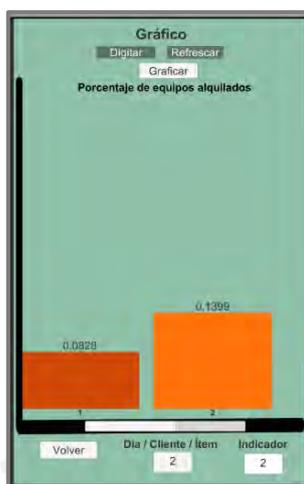


Figura 48 Visualización de la gráfica

### 5.1.3 Porcentaje de equipos rechazados

Medir la calidad del servicio a través de la cantidad de devoluciones de ítems es un indicador para iniciar las propuestas del porqué el cliente no estuvo satisfecho. Al estar a la vista el indicador por medio de las tarjetas AR en un tablero, se concientiza a los trabajadores en proponer soluciones de mejora.

El atributo 1(X1) es la cantidad de ítems rechazados en el día, los productos A, B, C, D y E para el atributo 2(X2) y finalmente los productos F, G, H y I para el atributo 3(X3) (ver Tabla 17).

Tabla 17 - Asignación de pesos

X1: Cantidad	1	2	3	4	5	6	7
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
X2: Tipo producto	A	B	C	D	E		
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5		
X3: Tipo producto	F	G	H	I			
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4			

Si en el día de hoy se rechazaron 3 ítems del tipo B, significa que se han rechazado el 25% de los 12 que hay en stock (de la Tabla 14). A este resultado se le asigna un peso entre el 0 al 1, y como es un porcentaje simplemente se le divide entre 100 obteniendo un peso de 0.25 (Y1). Sin embargo, a diferencia de los demás indicadores, mientras más cercano sea al valor 1, es peor (indicador negativo); y como la aplicación está diseñada en una gestión basada en que el resultado 1 es el número óptimo, se debe aplicar su diferencia. Por ejemplo, si el resultado es 0.25, se aplica la diferencia de  $1 - 0.25 = 0.75$ .

Así para cada uno de los casos se va asignando un peso de salida hasta llegar a un total de 63 combinaciones posibles (el número total de tipos de ítems por el número máximo de devoluciones). Se muestran los datos terminados para ser puesta en la aplicación en el Anexo 3.

Entonces si hoy se devolvieron 5 ítems del tipo G, con el uso de las tarjetas AR se debe utilizar:  $X1 = 0.5$  (5 unidades),  $X2 = 0$  (no se usan esos tipos de ítems),  $X3 = 0.2$  (ítem G) y  $X4 = 0$  (no se usa el atributo). Al igual que el indicador de porcentaje de equipos alquilados se va requerir una suma por pesos ponderados; debido a que cada ítem tiene una diferente cantidad de stock.

**Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 3. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 17* de asignación de pesos. Se utiliza el ejemplo del día 1, el cual se devolvieron 5 unidades del ítem G y se escanea cada tarjeta respectiva (ver *Figura 49*).



Figura 49 Aprendizaje del indicador 3 y Tarjetas AR nombradas

Se procede con el escaneo del día 1, que dio un resultado de 0.61 o 61% (ver *Figura 50*). Dicho valor no significa que se devolvieron en el día el 61% del total del stock de ítems G, sino se interpreta que el 39% (100%-61%) del stock total ha sido devuelto. Visto de otra manera, mientras menor sea el resultado de este indicador alterado, significa que el impacto de la devolución es mayor en las pérdidas incurridas.

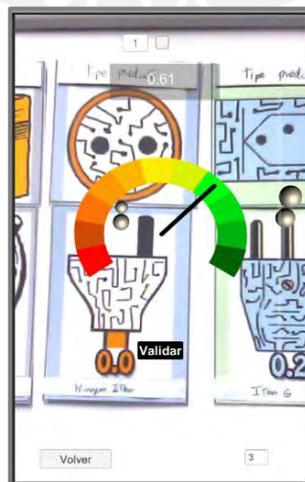


Figura 50 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Para este tipo de indicador, se puede tener almacenado el valor de devolución de un solo tipo de ítem en un indicador diferente para cada tipo de ítem, siempre y cuando se quiera hacer un seguimiento de un específico ítem. También, se puede tener un consolidado del porcentaje de devoluciones diarias. Siguiendo el segundo caso de tener un consolidado, se continua con el ejemplo para el día 2 que se devolvió 1 ítem de B y se guarda en el slot del día 2, 2 ítems de C y se guarda en el día 3. Por último, 1 ítem de I en el día 4, aun así todo haya ocurrido en el día 2. De la siguiente manera, se ven los resultados en la *Figura 51* al generar la gráfica.

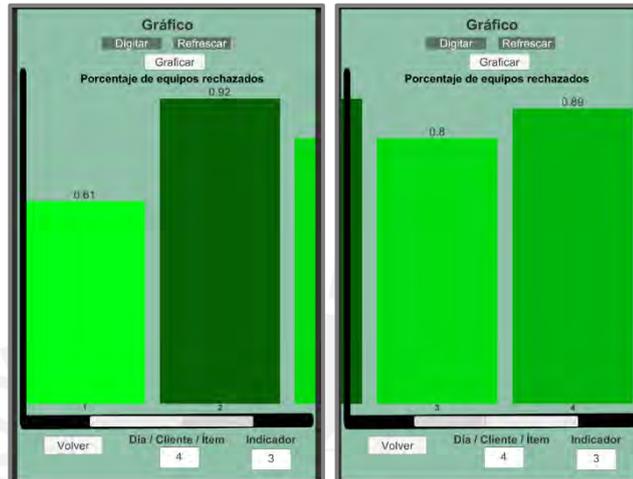


Figura 51 Visualización de la gráfica

Para generar los verdaderos valores en base al stock total, se vuelve a usar para este indicador la *Tabla 16* de pesos ponderados, siendo los pesos de 0.12 para ítem B, 0.1 para el ítem C y 0.09 para el I y se genera una suma ponderada que se guarda en el día 2. Lo mismo se aplica para el día 1 que solo se hace la suma ponderada con el peso de 0.13 para el ítem G, así como se muestra en la *Figura 52*, A para el día 1 y la B para el día 2. Sin embargo; recordar que a diferencia del indicador Porcentaje de equipos alquilados, si al resultado se le multiplica por su peso ponderado se obtendrá un valor erróneo y se tendrá que calcular “1-resultado” para recién multiplicar por su peso respectivo. Para simplificar todos estos cálculos, solo se pone el signo negativo a cada peso para que la aplicación haga todos los cálculos. Finalmente, se vuelve a generar la gráfica ya con los resultados consolidados mostrados en la *Figura 52* C.

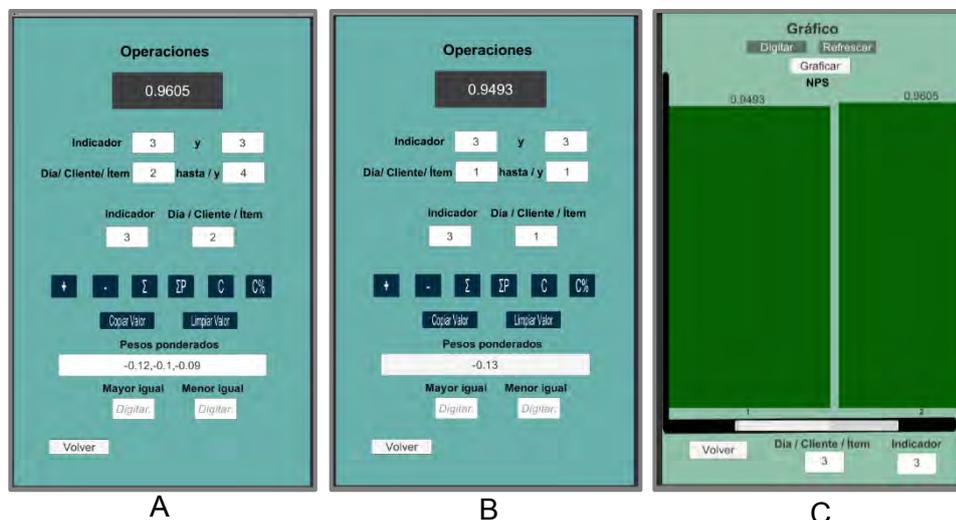


Figura 52 Visualización de la gráfica y operación de indicadores

### 5.1.4 Porcentaje de mora de clientes

Es importante dar un seguimiento a los clientes, esto conllevará a la entrega puntual de los equipos que repercutirá para que los nuevos clientes vengan adquirir un ítem que aún no esté disponible en el almacén.

El atributo 1(X1) es los días de demora de entrega, la cantidad de ítems por entregar para el atributo 2(X2), los productos A, B, C, D, E y F para el atributo 3(X3) y finalmente los productos G, H y I para el atributo 4(X4). Debido a que la cantidad de combinaciones llega a 441. Dicho monto resulta de 7(día) x 7(Cantidad) x 9(Tipo producto), para que el celular no se demoré en aprender cada combinación, se sugiere crear dos indicadores para que al final se guarden en uno solo (ver Tabla 18).

Tabla 18 - Asignación de pesos

<b>X1: Día</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>X2: Cantidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>X3: Tipo producto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>				
Peso	0.1	0.2	0.3				
<b>X1: Día</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>X2: Cantidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>X3: Tipo producto</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>				
Peso	0.4	0.5	0.6				
<b>X4: Tipo producto</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>				
Peso	0.1	0.3	0.4				

Si en el día de ayer se debieron recibir 3 ítems del producto I, significa que existe una mora de 1 día. Para calcular este indicador se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de mora} = \frac{\text{Cantidad alquilada}}{\text{Total de stock del ítem}} \times \frac{\text{Días de mora}}{\text{Máximo días de mora}}$$

$$\text{Porcentaje de mora} = \frac{3}{9} \times \frac{1}{7} = 0.05 \rightarrow 5\%$$

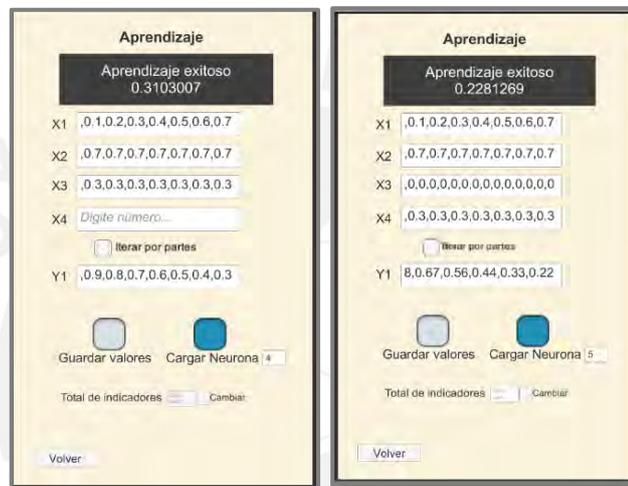
Así como el porcentaje de equipos rechazados, mientras más cercano del valor 1 es un mal resultado, se aplica su diferencia, obteniendo un nuevo valor de 1-0.05 = 0.95. Cabe resaltar que el máximo día de mora es la cantidad máxima que se ha registrado en el historial de la empresa y está reflejado en el atributo 1 (X1) que fue 7 días (Sin considerar los atípicos). Para cada uno de los casos, se asigna un peso de salida hasta llegar a un total de 147 combinaciones posibles para el indicador 1 y 294 para el indicador 2 y así obtener las 441 combinaciones. Se muestra los datos terminados para ser puesta en la aplicación en el Anexo 4.

Entonces si hoy no se han recibido 5 ítems del tipo G hace 2 días desde su fecha acordada, al tratarse del ítem G se debe usar el indicador 5 con el uso de las tarjetas AR. Se debe utilizar: X1 = 0.2 (2 días), X2 = 0.5 (cantidad 5), X3 = 0 (No se usa ese tipo de ítem) y X4 = 0.1 (ítem G). No obstante, también se puede reciclar

las mismas tarjetas AR si se hubiera usado el indicador 1 para el caso del ítem A, B o C solo con la diferencia que el atributo 4(X4) sería siempre cero. Como en este caso, al igual que el indicador de porcentaje de equipos alquilados se requiere una suma por pesos ponderados; debido a que cada ítem tiene diferente cantidad de stock.

**Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal (ver Figura 53). Cabe resaltar que, para el indicador de Porcentaje de mora de clientes, se tuvo que partir en dos indicadores por la gran cantidad de combinaciones. La primera parte de la *Tabla 18* se carga en el indicador 4 (ver *Anexo 4*) y la segunda parte de la tabla en el indicador 5 (ver *Anexo 4*). Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la tabla mencionada de asignación de pesos.



Indicador 4                      Indicador 5  
 Figura 53 Aprendizaje del indicador 4 y 5



Indicador 4                      Indicador 5  
 Figura 54 Tarjetas AR nombradas para el indicador 4 y 5 de izquierda a derecha

Se utiliza el ejemplo del día 1, en el cual no se recibieron 3 unidades del ítem B y se escanea cada tarjeta respectiva. Continuando con el ejemplo, en el día 2 se cumplieron 2 días de mora en entregar 5 unidades del ítem G y de esta manera se escanea los valores por los dos días (ver *Figura 54*).

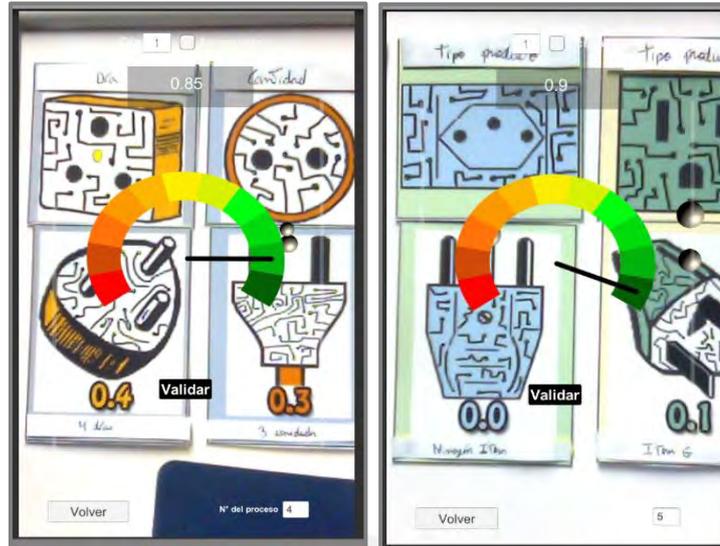


Figura 55 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Como en el día 1 se trataba del ítem B, se utiliza el indicador 4 debido a que sus combinaciones fueron guardadas allí. En la *Figura 55*, se muestra que se obtuvo un resultado del 85% del indicador para el día 1. Significa que la cantidad del ítem G con mora, representa el 15% ( $1-0.85\%$ ) del stock de G o visto de otra forma, el impacto de mora no es mayor a la mitad del stock; ya que 85% es mayor al 50% (el 15% es menor al 50%).

De la misma manera, se realizó con el ítem G en el indicador 5 (ver *Figura 55*). Si bien ocurrió en el día 2, se va a guardar en el día 1 de dicho indicador, para más adelante transferir el valor obtenido (0.9) junto con el indicador 4. Consecutivamente, visualizarlo en una gráfica ambos valores.

Para poder pasar el valor de un indicador diferente a otro, en la ventana de operaciones se debe poner el número del indicador y día en donde se quiere transferir y luego presionar el botón "Copiar Valor". En este caso, se pasa el día 1 del indicador 5 al día 2 del indicador 4 (Para no sobrescribir en el día 1). La aplicación sobrescribe el nuevo valor transferido y se ve de la siguiente manera en la *Figura 56*. Posteriormente se puede consolidar en un mismo día si se requiere o sino manejar el nombre día 1 exclusivamente para el ítem B y día 2 para el ítem G.



Figura 56 Transferencia de valores entre el indicador 5 y 4

### 5.1.5 Porcentaje de equipos defectuosos

En el presente indicador se busca minimizar el número de equipos defectuosos existentes en el almacén con la finalidad de poder tener disponible todo el stock.

El atributo 1(X1) es la cantidad de ítems defectuosos, los productos A, B, C, D y E para el atributo 2(X2) y finalmente los productos F, G, H y I para el atributo 3(X3) (ver Tabla 19).

Tabla 19 - Asignación de pesos

<b>X1: Cantidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>X2: Tipo producto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>		
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5		
<b>X3: Tipo producto</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>			
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4			

La Tabla 19 al ser igual que la Tabla 17 del indicador porcentaje de equipos rechazados, va mostrar la misma estructura al generar las posibles combinaciones. Prácticamente son los mismos pasos solo que con una interpretación diferente.

#### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 6. Luego, en las tarjetas AR se escribe su respectivo nombre en base a la Tabla 19 de asignación de pesos.



Figura 57 Aprendizaje del indicador 3 y Tarjetas AR nombradas

Dando como ejemplo, en el primer día se hace un conteo de los equipos defectuosos del ítem C y se halló a un total de 2 equipos inoperativos del total de ítems C (ver Figura 57). Se escanea las tarjetas AR de este día y se obtiene un resultado de 0.7 que significa que el 70% del ítem C funcionan correctamente (ver Figura 58).

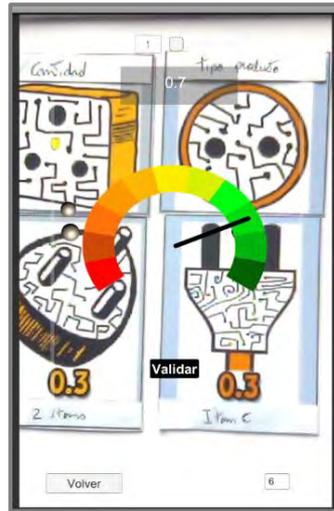


Figura 58 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

## 5.2 Restaurantes

Está enfocado a todos los restaurantes mayormente familiares, donde venden desde comida criolla (menús) hasta comida internacional como las pizzerías y chifas; los cuales son locales únicos y no poseen franquicias (ver Figura 59).

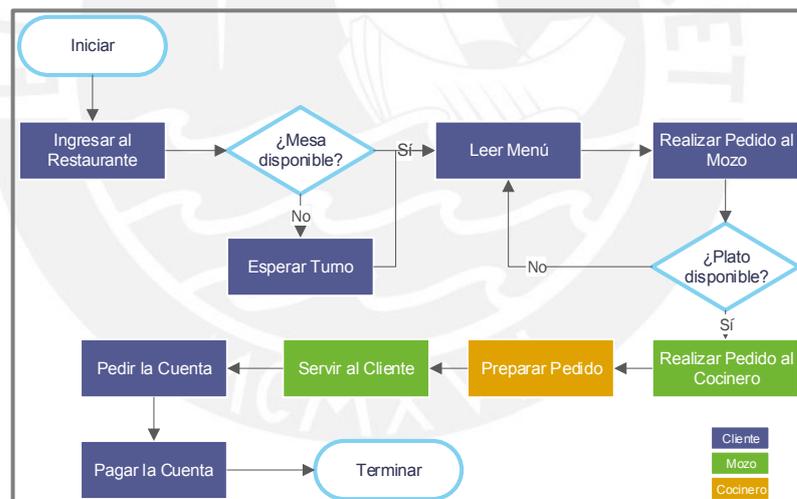


Figura 59 Flujograma básico de un restaurante

### 5.2.1 Encuesta para saber qué es lo que más valora el cliente

Antes de iniciar alguna mejora, la primera pregunta que se debe hacer es “¿Qué valora más el cliente del servicio?” y “¿Qué le disgusta más?”. En comparación al anterior rubro de empresa (alquiler), un restaurante es mucho más sensible a los gustos de los clientes, debido a la alta competencia existente. Por este motivo, se inicia con una encuesta sobre que les gustaría que mejorara el restaurante.

Por ejemplo, se tienen los siguientes criterios: Ambiente, atención al cliente, calidad de la comida, rapidez del servicio, variedad de comida y tiempo de servicio. De todos estos, solo se deben escoger los más significativos para enfocar los objetivos.

Para seleccionar los más significativos se realiza una encuesta que se puede hacer desde el clásico papel impreso hasta los formularios web.

Para este proyecto, se realiza una encuesta mediante el aplicativo y en lugar de llamarse indicadores o procesos, se llamarán preguntas; aunque para la aplicación signifique lo mismo. Así mismo, lo que se llamaban días, ahora se llamarán clientes (ver Figura 60).

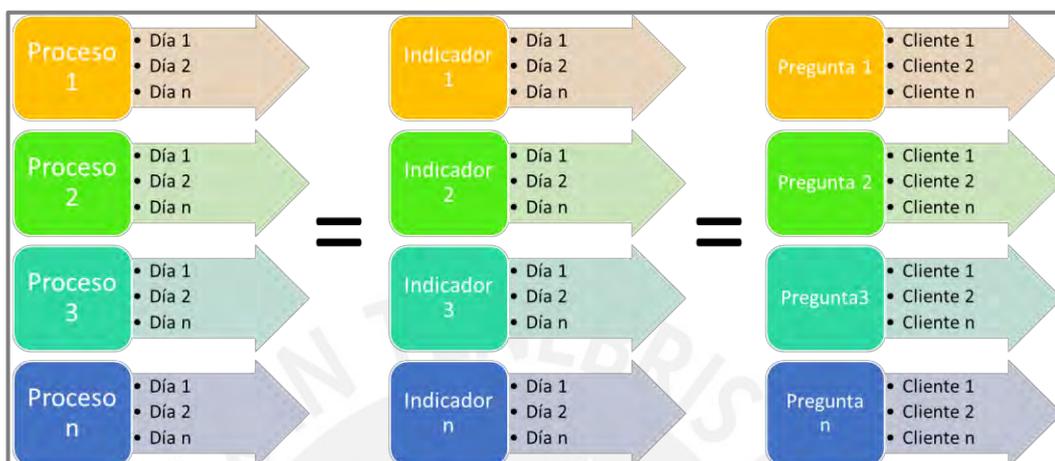


Figura 60 Analogía entre proceso, indicador y pregunta

Se inicia con la formulación de estas preguntas:

- Pregunta 1: Ambiente.
- Pregunta 2: Atención al cliente.
- Pregunta 3: Calidad de la comida.
- Pregunta 4: Rapidez del servicio.
- Pregunta 5: Variedad de comida.
- Pregunta 6: Tiempo de servicio.

El atributo 1(X1) es la frecuencia del cliente y el atributo 2(X2) su valoración (ver Tabla 20).

Tabla 20 - Asignación de pesos

X1: Frecuencia	Diariamente	Semanal	Quincenal	Mensual	pocas veces al año	Primera vez
peso	1	0.9	0.8	0.7	0.6	1
X2: Valoración	Lo recomendaría	Bueno	Regular	Pésimo		
peso	1	0.8	0.4	0		

Se considera que un factor importante es la frecuencia del cliente, debido a que alguien frecuente va conocer mejor el servicio. También va influir la opinión de un cliente nuevo, pero por el hecho que siempre se busca atraer a nuevos clientes.

Continuando con el ejemplo, si un cliente frecuente “Diariamente” y en la Pregunta 2 la califica como “Lo recomendaría”, se obtiene la puntuación más alta. No obstante, si este mismo lo califica como “Regular”, en lugar de ponerle un peso de 0.4 como esta en la Tabla 20, se le pondrá 0.30 (Disminuye por el impacto negativo) por el hecho de que es un cliente muy importante para el restaurante. En cambio, si fuera un cliente que viene pocas veces al año y lo califica como “Regular”, se le pondría su peso de 0.4; ya que su opinión es menos influyente que el otro. De igual modo, si este último cliente califica como “Lo recomendaría”, en

lugar de dar un peso de 1, se pone 0.9, por el mismo motivo de que no es muy influyente su opinión.

Se pueden realizar de diversas maneras los criterios y combinaciones existentes en cada respuesta. A continuación, se muestran todas las posibles combinaciones aplicando la lógica descrita para su asignación de pesos (*ver Tabla 21*).

Tabla 21 - Puntuación de encuesta

X1	X2	Y
Diariamente / Primera vez	Lo recomendaría	1
Diariamente / Primera vez	Bueno	0.8
Diariamente / Primera vez	Regular	0.3
Diariamente / Primera vez	Pésimo	0
Semanal	Lo recomendaría	0.98
Semanal	Bueno	0.78
Semanal	Regular	0.35
Semanal	Pésimo	0
Quincenal	Lo recomendaría	0.95
Quincenal	Bueno	0.75
Quincenal	Regular	0.32
Quincenal	Pésimo	0
Mensual	Lo recomendaría	0.92
Mensual	Bueno	0.72
Mensual	Regular	0.35
Mensual	Pésimo	0
Pocas veces al año	Lo recomendaría	0.9
Pocas veces al año	Bueno	0.7
Pocas veces al año	Regular	0.4
Pocas veces al año	Pésimo	0

Se muestran los datos terminados para ser puesta en la aplicación:

x1: 1,1,1,1,0.9,0.9,0.9,0.9,0.8,0.8,0.8,0.8,0.7,0.7,0.7,0.7,0.6,0.6,0.6,0.6  
x2: 1,0.8,0.4,0,1,0.8,0.4,0,1,0.8,0.4,0,1,0.8,0.4,0,1,0.8,0.4,0  
y: 1,0.8,0.3,0,0.98,0.78,0.35,0,0.95,0.75,0.32,0,0.92,0.72,0.35,0,0.9,0.7,0.4,0

Cuando se haya recopilado suficiente información de los clientes, se procede al consolidado y posteriormente analizar cuáles serían los factores más influyentes en el servicio del restaurante. Para poder unir los resultados en la aplicación, primero en cada pregunta se van a consolidar las puntuaciones de los clientes, mediante un promedio simple y estos promedios se guardan en los datos del primer cliente por cada pregunta. Una vez culminado por cada pregunta, se guardan los promedios de cada pregunta en una misma pregunta, pero en diferentes slots. Por ejemplo: se guarda el valor promedio de la pregunta 2 en el slot 2 de la pregunta 1, el valor de la pregunta 3, en el slot 3 de la pregunta 1 y así sucesivamente. La finalidad de realizar estos pasos es para que finalmente toda la encuesta se pueda visualizar en un mismo histograma.

### **Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 1 para la Pregunta 1, el indicador 2 para la Pregunta 2 y así sucesivamente hasta la Pregunta 6 (*ver Figura 61*). Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 20* de asignación de pesos (*ver Figura 62*).



Figura 61 Aprendizaje de la pregunta 1 y 6



Figura 62 Tarjetas AR nombradas

Lo siguiente que se procede es encuestar a los clientes del restaurante e ir guardando la información. La manera a encuestar queda a la innovación de cada uno, dando como ejemplo, se puede diseñar un tablero metálico tamaño A5 con una pequeña base (como un servilletero) en el cual contengan tarjetas AR pequeñas e imantadas. Cuando el cliente pida la cuenta, en el tiempo de espera del pago se le puede entregar el tablero con las tarjetas AR imantadas para que pueda responder.

Seguidamente, retirar de la mesa el tablero y escanear los valores. De otra manera, se podría añadir un panel de opinión cerca donde se paga el menú, donde los clientes allí mismos pueden poner su opinión a través de las tarjetas AR. Por ejemplo, para la pregunta 1 el cliente 1 puso que el ambiente le parece regular y que su frecuencia de visita es quincenal (ver Figura 63).

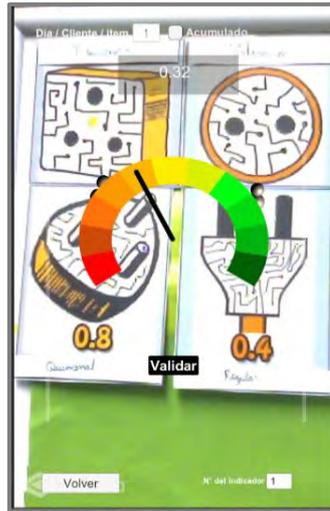


Figura 63 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Una vez culminado un gran número de encuestas, se genera las gráficas para cada pregunta y se visualiza de la siguiente manera para este ejemplo (ver Figura 64).

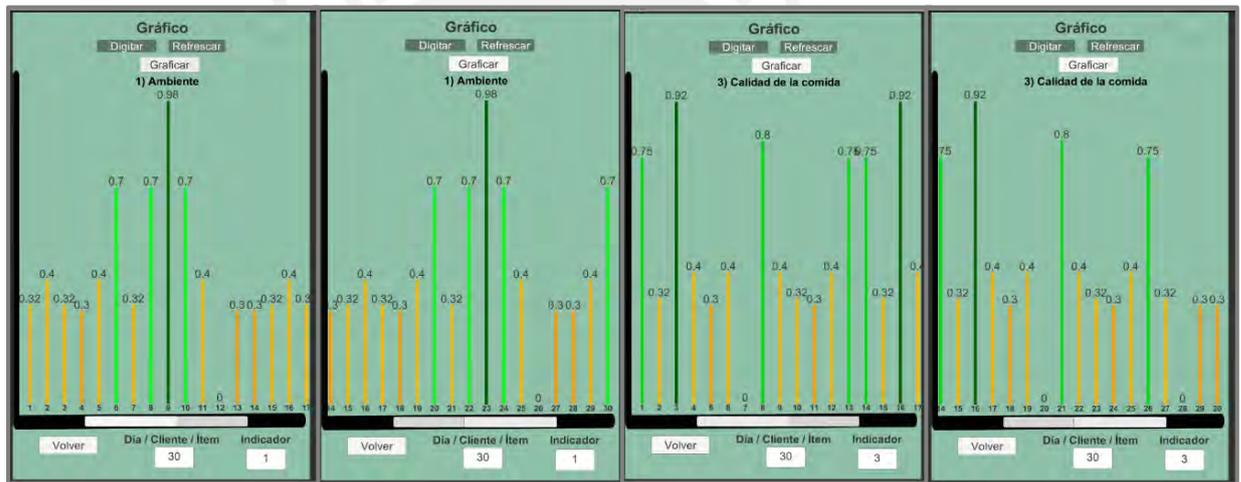


Figura 64 Visualización de los resultados de la pregunta 1 y 3

Las gráficas de la *Figura 64* muestran las puntuaciones de 30 clientes encuestados de las 6 preguntas. Lo siguiente en hacer, es en cada pregunta generar un promedio y guardar en el primer slot de dicha pregunta. Para poder obtener el promedio, se debe entrar a la ventana de operaciones y colocar el número de la pregunta (En la aplicación esta con el nombre indicador) y poner “desde” y “hasta” que cliente se va a realizar el promedio. En este caso es desde el 1 al 30 y para calcular el promedio, se debe presionar el botón “ $\Sigma P$ ” (ver *Figura 65*). Recordar que este botón se usó antes para hallar el promedio ponderado, pero cuando la casilla blanca donde dice “Pesos ponderados” está vacía, la aplicación genera un promedio simple.



Figura 65 Generación del promedio en la pregunta 1 y 3

Una vez ya calculado el promedio simple y guardado en el primer slot de cada pregunta respectiva, los demás slots seguirán con valor. Por ello, se debe borrar todos los demás valores que ya no sirvan (*ver Figura 65*). En la misma ventana, hay un botón llamado “Limpiar Valor”, para poder ejecutarlo se debe poner el número de la pregunta (indicador para la aplicación) y desde que número del cliente (día para la aplicación), y hasta donde se borrará.



Figura 66 Limpieza de los slots en la pregunta 1 y 3

En la *Figura 66*, se muestra que solo se está borrando los slots desde el cliente 2 al 30, debido a que en el slot 1 del cliente, está almacenado el valor del promedio de la pregunta. Esta operación se debe realizar para cada pregunta. Luego se realiza una vista previa sobre cómo van quedando las puntuaciones por cada pregunta (*ver Figura 67*).

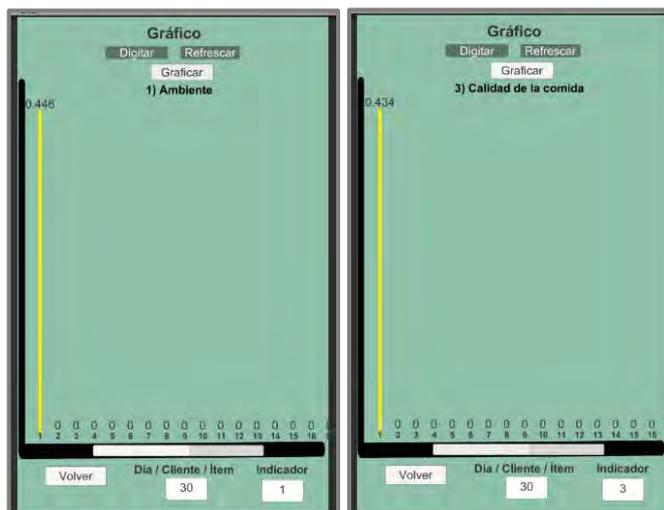


Figura 67 Vista previa de los promedios de la pregunta 1 y 3

Sin embargo, para poder tener un mejor análisis de los resultados, lo ideal es tener todo en una misma gráfica, por dicho motivo, se pasa cada valor promediado de cada pregunta a la pregunta 1. Como ya se mencionó antes, se guarda el valor promediado de la pregunta 2 en el slot 2 de la pregunta 1, la pregunta 3 en el slot 3 de la pregunta 1 y así sucesivamente. Para realizar dicha operación, en la ventana de Operaciones, se coloca el número de la pregunta (indicador para la aplicación) y el slot (día para la aplicación) que se quiere mover y hacia qué número de pregunta y slot se va guardar mostrado en la *Figura 68*.



Figura 68 Transferencia de valores entre diferentes indicadores

Finalmente, se genera la gráfica y se identifica que la pregunta 3 (Calidad de la comida) obtuvo la puntuación más baja y se debe solucionar este problema en el siguiente indicador para el rubro de restaurante (*ver Figura 69*).

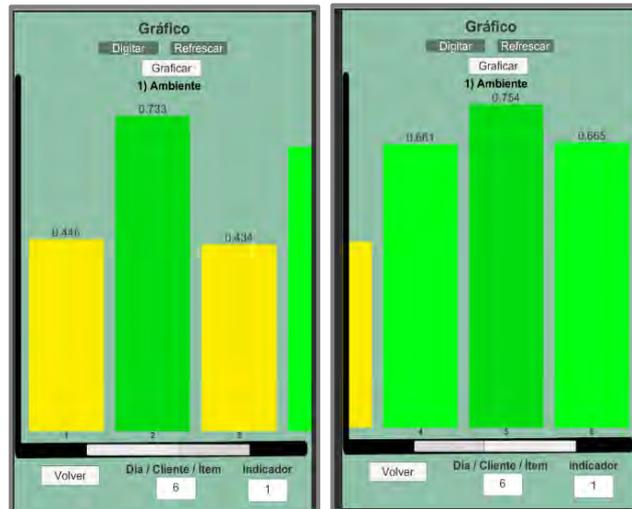


Figura 69 Resultado final de la encuesta

El nombre de la gráfica esta con el nombre de “1) Ambiente”; ya que todos los promedios de las preguntas se guardaron allí. No obstante, se puede cambiar el nombre de la gráfica, al presionar el botón “Digitar” que está debajo del nombre “Gráfico”.

### 5.2.2 Calidad de la comida

Basándose en el ejemplo de la encuesta, el factor que resulta ser más crítico fue la calidad de la comida. Es por ello, el primer indicador a resaltar es la calidad de sus platos. Se toma el ejemplo de una pizzería, la cual tienen cuatro aspectos importantes en el servicio de entrega de sus pizzas: el tiempo, la temperatura, el sabor y si se le añadió la cantidad correcta de mozzarella. Este último aspecto se dio a conocer a través de otra encuesta una vez que fue detectado el factor calidad como crítico.

El atributo 1(X1) es el tiempo que se demora en preparar el plato, para el atributo 2(X2) será la temperatura, en el atributo 3(X3) la cantidad correcta de mozzarella y finalmente para el atributo 4(X4) el sabor (ver Tabla 22).

Tabla 22 - Asignación de pesos

<b>X1: Se prepare rápidamente</b>	<b>Menos de 30 minutos</b>	<b>En los 30 minutos</b>	<b>Más de 30 minutos</b>
peso	1	0.5	0
<b>X2: Temperatura</b>	<b>Fría</b>	<b>Tibia</b>	<b>Caliente</b>
peso	0	0.5	1
<b>X3: Cantidad correcta de mozzarella</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	
peso	0	1	
<b>X4: Sabor</b>	<b>No bueno</b>	<b>Bueno</b>	
peso	0	1	

Para calcular la calidad de los platos servidos (ver Tabla 23), a cada atributo se le asigna un peso con relación a su grado de efecto con el cliente; y que sumando todos los pesos se llegue al valor de 100 (valor óptimo).

Tabla 23 - Asignación de pesos

	<b>X1: Se prepare rápidamente</b>	<b>X2: Temperatura</b>	<b>X3: Cantidad correcta de mozzarella</b>	<b>X4: Sabor</b>
<b>Peso</b>	20	20	10	50

Por ejemplo, para calcular la calidad de un plato que fue servido en los 30 minutos con una temperatura caliente, poca cantidad de mozzarella y con un buen sabor; se obtiene el resultado del indicador de la siguiente manera aplicando los pesos a cada atributo:

$$20 \times 0.5 + 20 \times 1 + 10 \times 0 + 50 \times 1 = 80 \rightarrow 0.8 \rightarrow 80\%$$

Un total de 36 combinaciones se necesita para el aprendizaje de la Red Neuronal, siendo  $2(\text{Sabor}) \times 2(\text{Cantidad de mozzarella}) \times 3(\text{Temperatura}) \times 3(\text{Tiempo})$ . Se muestran los datos terminados para ser puestos en la aplicación en el Anexo 5.

Entonces si hoy un plato se demoró en entregar a una temperatura tibia, con buena cantidad de mozzarella y muy salado (mal sabor), con el uso de las tarjetas AR se deberán utilizar:  $X1 = 0$  (Más de 30 minutos),  $X2 = 0.5$  (Temperatura tibia),  $X3 = 1$  (Cantidad correcta de mozzarella) y  $X4 = 0$  (Muy salado). Debido a que se mide la calidad de cada plato, estos resultados se van guardando en los slots llamados días de la aplicación. Y al final del día se consolida en uno solo y se guarda en el slot del día actual. Para unir todos los resultados del día en uno solo se aplica un promedio simple que la misma aplicación lo calcula y pone en el día correspondido.

### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 2. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la Tabla 22 de asignación de pesos (ver Figura 70).

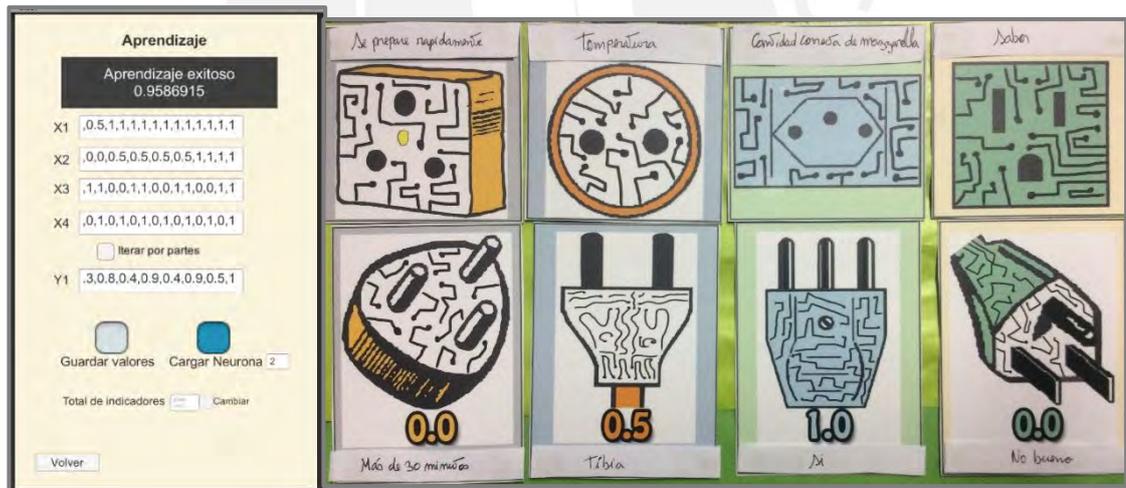


Figura 70 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas

Siguiendo con el ejemplo del plato que se demoró en entregar a una temperatura tibia, con buena cantidad de mozzarella y muy salado, se escanearon sus valores en las tarjetas AR dando un resultado de 0.22 (22%) como se muestra en la Figura 71. Se puede interpretar que el plato no ha cumplido con los estándares de calidad, por lo que va a generar una mala impresión al cliente y lo adecuado sería investigar del porqué sucedió estos defectos.

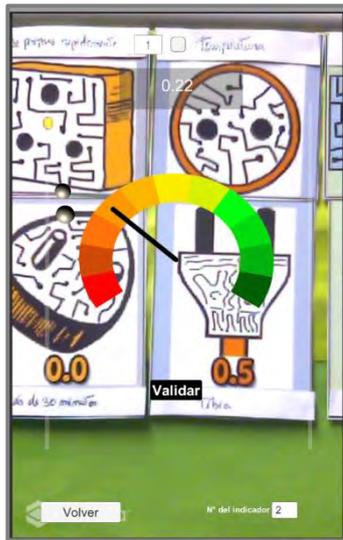


Figura 71 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Se toman más muestras de los platos que se preparan y a su vez ir guardado los resultados, para al final generar una gráfica (ver figura 72). Se requiere a través de este indicador 2 llegar a tener una puntuación alta en las próximas encuestas, por eso siempre se busca una mejora continua en la calidad de los platos y es vital el constante monitoreo.

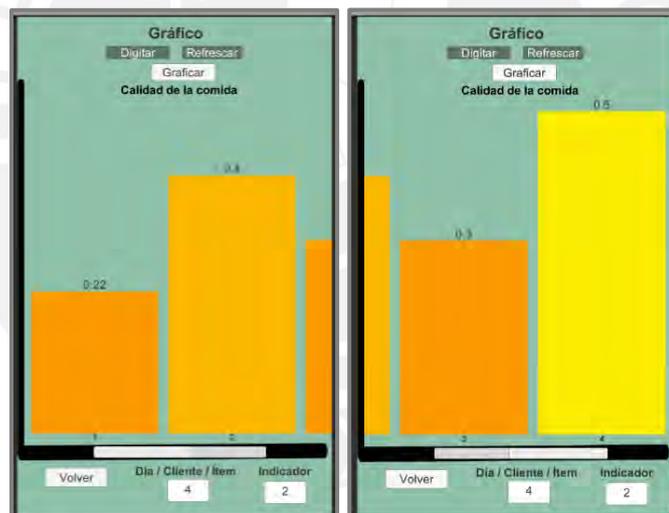


Figura 72 Visualización de la gráfica de la calidad de 4 platos

El resultado por los 4 platos refleja que existe una calidad precaria, siendo la mayor puntuación de 0.5 entre los valores escaneados mostrados en la Figura 72.

### 5.2.3 Satisfacción del cliente

Para medir el grado de satisfacción del cliente, se puede hallar de diferentes maneras como el "Número de no conformidad", "Número de reclamaciones", "Grado de fidelización", "Tiempo medio de espera" y entre otros más (ver Figura 73). Sin embargo, no siempre que se presente una no conformidad el cliente va a reclamar, por lo que no tener reclamaciones no es sinónimo de cliente satisfecho.



Figura 73 situaciones posibles calidad objetiva-calidad percibida

Fuente: FRESNO LÓPEZ (2009)

Para evitar este vacío que generan los anteriores indicadores de satisfacción, se propone el uso de dos indicadores populares (ver Figura 74). El primero llamado NPS (Net Promoter Score) o "Puntuación del promotor neto" que evalúa la percepción del producto y la satisfacción del cliente a través de una sola pregunta. La pregunta es: "Del 1 al 10 que tanto recomendaría la empresa a un amigo" y en base a todas las respuestas de los clientes, se agrupa de la siguiente manera:

- Promotores, los que calificaron entre 9 y 10.
- Pasivos, los que calificaron entre 7 y 8.
- Detractores, los que calificaron entre 0 y 6.

Una vez identificado la cantidad de cada grupo, se calcula solo el porcentaje de los Promotores y de los Detractores, para poder utilizar la siguiente fórmula:

$$NPS = \%Promotores - \%Detractores$$

Cabe resaltar que mientras mayor sea el NPS, mucho mejor será la satisfacción de los clientes. El segundo indicador propuesto es el CES (Customer Effort Score) o "Escala Reporte Consumidor" que es considerado uno de los mejores para medir la lealtad de los clientes según Matthew Dixon (2013). A diferencia del anterior indicador, se realiza la siguiente pregunta: ¿Qué tan fácil fue obtener la ayuda que quería hoy?, la puntuación es desde 0 al 7 y también se agrupa de la siguiente manera:

- Fácil, los que calificaron entre 1 y 2.
- Normal, los que calificaron entre 3 y 4.
- Difícil, los que calificaron entre 5 y 7.

Al igual que lo anterior se agrupa la cantidad de cada grupo y se aplica la siguiente fórmula:

$$CES = \%Fácil - \%Difícil$$

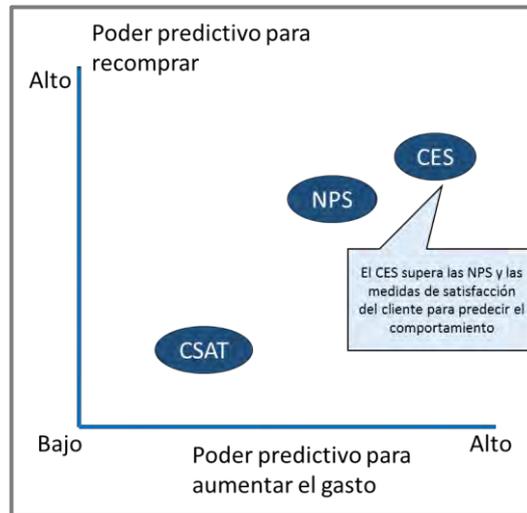


Figura 74 CES vs NPS

Fuente: DIXON, FREEMAN y TOMAN (2011)

Para implementar estos dos indicadores se crea la siguiente asignación de pesos, donde X1 se refiere a la puntuación del indicador NPS o al CES (ver Tabla 24).

Tabla 24 - Asignación de pesos

X1: NPS o CES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

Se muestran los datos terminados para ser puestos en la aplicación:

x1:0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1  
 x2:1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1  
 y:0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1

Para este caso se ha compartido del uso de un solo indicador que pueda ser utilizado tanto para el NPS como el CES, esto significa que solo puede ser usado uno a la vez. Por ejemplo, si se va a utilizar el NPS (X1) el rango va desde 0 a 1, en cambio el CES va de 0 a 0.7. También se pudo haber creado dos indicadores uno para cada uno, pero para términos de simplificación, se optó por ponerlos en uno solo. Es necesario aclarar que en la muestra de los datos terminados está el atributo X2 con el valor "1" para cada combinación. Se explica que, al tener un solo atributo, la Red Neuronal se degenera; de modo que se recomienda manejar un mínimo de 2 atributos. Se le colocó el valor de "1" y no "0" debido a que al multiplicarse se eliminaban las conexiones entre nodos de la red.

Hasta el momento no se ha calculado ningún indicador, solo se ha guardado la data de la valoración que ha dado cada cliente. Para el caso del NPS, en la aplicación te va a permitir contar cuantos clientes pusieron una puntuación de Promotores y de Detractores por medio de la digitación de cuantos fueron mayores que 0.8 e iguales a 1 (haciendo referencia a 8 y 10) para el caso de Promotores y utilizando la misma lógica se aplica para el CES. El total de cada grupo se guarda en un slot de cliente diferente y posteriormente se calcula el porcentaje del total de cada uno (presionando el botón de porcentaje) y mediante los operadores matemáticos se selecciona la resta que arroja el valor del NPS para finalmente ser guardado en el slot del día. La misma lógica se aplica con el CES.

### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 3. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 24* de asignación de pesos. La diferencia entre tarjetas AR del NPS y el CES es solo el nombre que se le asigna de título a X1 (ver *Figura 75*).



Figura 75 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas para NPS

Para el ejemplo del NPS, el primer cliente dio una puntuación de 8 y se escanean los valores de la siguiente manera en la *Figura 76*.

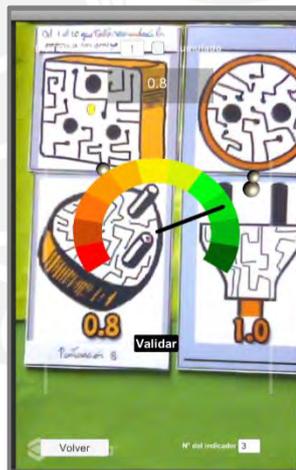


Figura 76 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

Así sucesivamente se van recopilando más calificaciones de los clientes hasta tener un número razonable en base a la cantidad de clientes que se tiene por día. Para caso del ejemplo, se encuestó a 30 clientes y se visualizó los datos en la siguiente gráfica de la *Figura 77*.

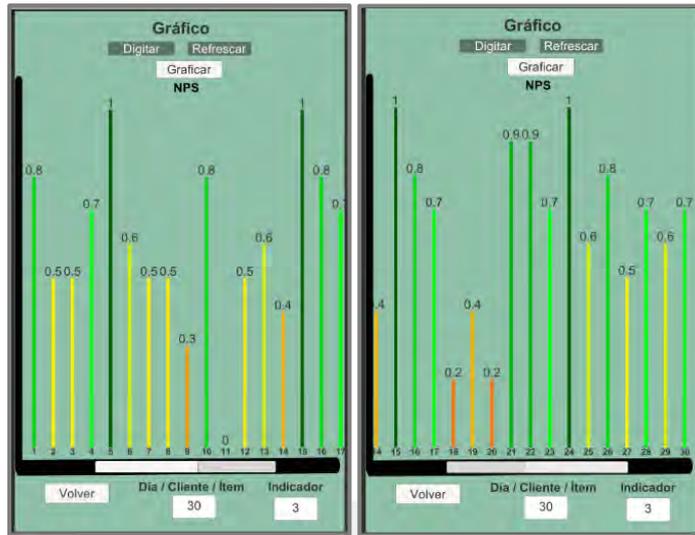


Figura 77 Visualización de la calificación puesta por 30 clientes

El siguiente paso es identificar el porcentaje de Promotores y Detractores. Se abre la ventana de Operaciones y empieza con el cálculo del porcentaje de Promotores existentes (ver Figura 78). Se pone desde el cliente 1 hasta el 30 del indicador 3 y el lugar para guardar, por motivo de seguridad de sobrescribir datos, se guarda en algún otro indicador con slots vacíos; para este caso se guarda en el indicador 4 en el slot 1. En el recuadro de “Mayor igual” se pone el valor de 0.9 que hace referencia para ser un cliente Promotor se tiene que dar una puntuación mínima de 9. Para el recuadro de “Menor igual” se coloca el valor de 1 que es la puntuación máxima que pueda dar un Promotor.

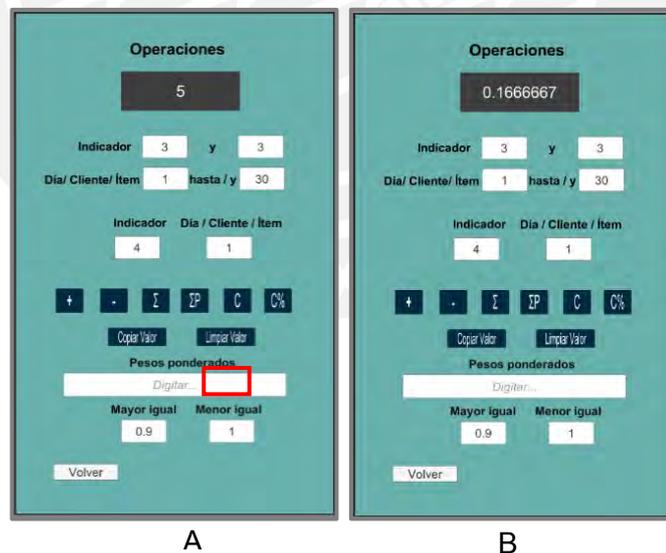


Figura 78 Cálculo de la cantidad de Promotores y su porcentaje

El botón “C” sirve para contar la cantidad de datos que estén dentro del rango puesto de “Mayor igual” y “Menor igual”. En la Figura 78A se contó que hay 5 puntuaciones que están en el rango de Promotor y para calcular el porcentaje se presiona el botón “C%” que es el valor que se necesita obtener para la fórmula del NPS. En la Figura 78B se muestra que de los 30 clientes encuestados el 16.7% fueron Promotores.

Para hallar a los Detractores, el “Mayor igual” es 0 y el “Menor igual” es de 0.6 haciendo referencia a su rango de 0 a 6. Y se halló que el 53.3% de los clientes encuestados son Detractores de los cuales fueron 16 clientes de los 30 (ver Figura 79). El valor del porcentaje se guarda en el indicador 4 en el slot 2.



Figura 79 Cálculo de la cantidad de Detractores y su porcentaje

Para culminar con el NPS, se debe calcular la resta del porcentaje de Promotores menos Detractores. Para ello, en la misma ventana Operaciones se efectúa la resta que va del indicador 4 slot 1 menos el indicador 4 slot 2 y se guarda el valor en el slot 3 (Para no sobrescribir datos). Para calcular la resta, se debe presionar el botón “-“ (ver Figura 80).



Figura 80 Cálculo del NPS

En la Figura 80, el resultado indica un valor neto de -36.6% de los clientes que no recomendarían el restaurante a un amigo. En otras palabras, existe un rechazo del servicio y resulta una alerta que se debe de mejorar urgentemente.

Con el indicador CES, se realiza la misma mecánica; ya que tiene el mismo procedimiento solo con la diferencia del rango que va de 0 a 7 (0 a 0.7). Se muestra en la Figura 81 una puntuación dada por un cliente usando las tarjetas AR y su escaneo del valor.



Figura 81 Asignación de las tarjetas AR y su escaneo del valor

### 5.2.4 Ventas diarias

Principalmente en los restaurantes que nos enfocamos son los que presentan menús que constan entre 2 o más tipos, que pueden ser el menú de 8 soles, 9 soles y 11 soles (el precio es referencial), a los cuales mayormente se les llama el económico, ejecutivo y plato a la carta. Dentro de cada categoría existen diferentes tipos de platos que constan del mismo precio.

El atributo 1(X1) es la cantidad de platos económicos vendidos en el día, para el atributo 2(X2) la cantidad de platos ejecutivos vendidos en el día y finalmente para los platos a la carta para el atributo 3(X3) (ver Tabla 25).

Tabla 25 - Asignación de pesos

X1: Económico	1 – 5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
X2: Ejecutivo	1 – 5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
X3: Carta	1 – 5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

En la Tabla 25, se muestra que para una cantidad entre 1 a 5 platos tiene un peso de 0.1 tanto para el Económico, Ejecutivo y Carta; y así se le va asignado para cada cantidad. Entonces si hoy se compraron 20 platos del económico(X1), 14 del Ejecutivo(X2) y 10 platos de la carta(X3) se calcula de la siguiente manera el resultado(Y):

$$\text{Ganacia del día} = 20 \times 8 \text{ soles} + 14 \times 9 \text{ soles} + 10 \times 11 \text{ soles} = 396 \text{ soles}$$

El dueño del restaurante quiere fijar una meta diaria de ganancia de 600 soles diarios, es por ello que el indicador se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ganacia del día} = \frac{396 \text{ soles}}{600 \text{ soles}} = 0.66 = 66\%$$

De esta manera se calcula cada resultado (Y) para todas las posibles combinaciones que fueron un total de 216 (6 tipos de cantidad Económico x 6 tipos

de cantidad Ejecutivo x 6 tipos de cantidad Carta). Se muestran los datos terminados para ser puestos en la aplicación en el *Anexo 6*.

Cabe resaltar que, si existieran otros tipos de platos con bastante variedad de precios, se puede crear otro indicador. Luego juntar la suma de ambos indicadores, así como el caso del indicador Porcentaje de ingreso al día que está en el subcapítulo de empresas de alquiler.

**Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 4. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 25* de asignación de pesos (ver *Figura 82*).



Figura 82 Aprendizaje del indicador 4 y tarjetas AR nombradas

Siguiendo con el ejemplo, al ser 20 “platos del económico” vendidos, el peso que usa la tarjeta AR es 0.4, para los 14 “platos ejecutivos” será 0.3 y para los 10 “platos a la carta” será 0.2. En la *Figura 83* se muestra que el indicador 4 dio un resultado de 0.59 que representa que solo se llegó al 59% de las ventas objetivo del día.

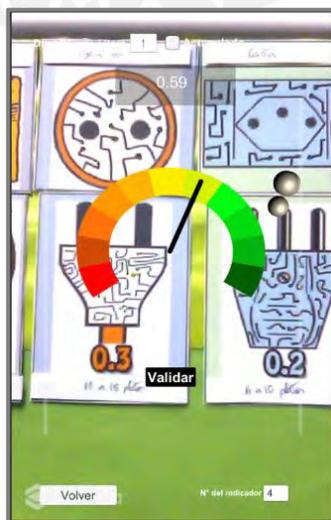


Figura 83 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

### 5.3 Empresas de mantenimiento y/o reparación

Está enfocado a todas las empresas MYPEs encargadas de vender equipos de repuestos y/o realizar reparaciones (ver Figura 84). El principal enfoque es para talleres mecánicos, reparación y venta de equipos electrónicos, y computadoras.

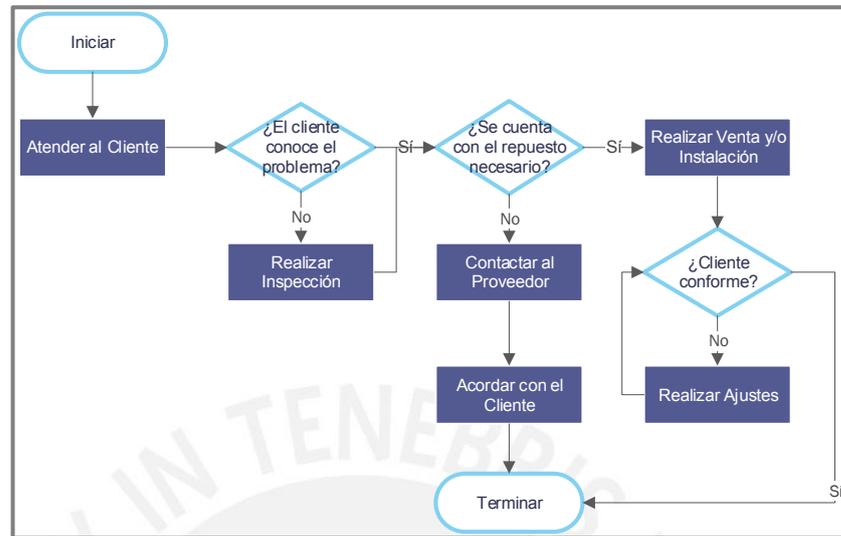


Figura 84 Flujograma básico de una empresa de mantenimiento y reparación

#### 5.3.1 Stock de repuestos

Se toma el ejemplo de una empresa que vende partes de autos y se busca medir el stock que poseen para cada tipo de familia de productos. Se debe escoger a la familia con mayor demanda y para este ejemplo se analiza el stock de filtros. Supongamos que existen 8 subtipos de filtros de aceites, 12 subtipos de gasolina y 6 subtipos de aire para cada marca de auto y lugar de proveniencia.

El atributo 1(X1) es el tipo de filtro, para el atributo 2(X2) el subtipo del filtro vendidos en el día al igual que el atributo 3(X3) y finalmente el atributo 4(X4) la cantidad del filtro vendido en el día (ver Tabla 26).

Tabla 26 - Asignación de pesos

X1: Tipo filtros	Aceite	Gasolina	Aire								
Peso	0.1	0.2	0.3								
X2: Subtipo filtros											
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6					
X3: Subtipo filtros											
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6					
X4: Filtros vendidos											
Peso	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

Cuando se utilice el atributo 2, el atributo 3 debe tener un peso de “1” haciendo referencia a que no se utilizó y viceversa. No se ha considerado el peso de “0” porque la Red Neuronal al tener una gran cantidad de combinaciones se degeneraría. Esto se explica por el valor de “0” que elimina parte de las conexiones de la red. Antes de iniciar con la implementación del indicador, para que exista un mejor orden del control de inventarios, se sugiere aplicar las 3S primeras; ya que se busca tener cada ítem etiquetado con su nombre y código de la misma empresa. Para este caso, se puede tener cada filtro de aceite de la siguiente manera:

- Filtro de aceite marca 1: F11
- Filtro de aceite marca 2: F12

Siendo la primera letra (F) referencia al filtro, el primer número 1 al tipo de filtro (aceite) y el segundo número al subtipo de filtro. Por ejemplo, si fuera filtro de gasolina se escribe F2, siendo el 2 refiriéndose a gasolina. Además, para el subtipo se le añade un número al F2.

En la *Tabla 27* se tiene la siguiente información de los stocks de cada tipo de filtro y por medio del aplicativo se busca controlar que cuando llegue al nivel de stock, se pedirá al proveedor el reabastecimiento.

Tabla 27 - Nivel de stock de filtros

Aceite						
Subtipo filtros	1	2	3	4	5	6
Stock	30	40	45	80	120	60
Subtipo filtros	7	8				
Stock	50	20				

Gasolina						
Subtipo filtros	1	2	3	4	5	6
Stock	20	80	70	40	100	30
Subtipo filtros	7	8	9	10	11	12
Stock	25	70	80	15	70	30

Aire						
Subtipo filtros	1	2	3	4	5	6
Stock	60	80	45	40	45	20

Utilizando la información del Stock se procede a calcular el ratio del indicador mediante la siguiente fórmula:

$$Cantidad\ disponible = 1 - \frac{Cantidad\ del\ ítem\ vendido\ en\ el\ día}{Stock\ del\ ítem}$$

Entonces si hoy se requirieron dos repuestos del filtro de aceite tipo 4, se aplica la fórmula para hallar cuanto va a quedar de stock disponible.

$$Cantidad\ disponible\ de\ F14 = 1 - \frac{2\ filtros\ de\ aceite\ "tipo\ 4"\ vendidos}{80\ stock\ de\ filtros\ de\ aceite\ "tipo\ 4"} = 0.975$$

Se concluye que inicialmente el stock de este ítem era un 100% (80 de stock) y al vender dos repuestos quedo el 97.5%. Básicamente se aplica esta misma lógica para cada tipo de combinación posible que fue un total de 260 (8 tipos de filtros de aceite x 10 veces posibles de venderse en un día + 12 tipos de filtros de gasolina x 10 veces posibles de venderse en un día + 6 tipos de filtros de aire x 10 veces posibles de venderse en un día). Se muestra los datos terminados para ser puesto en la aplicación en el *Anexo 7*.

Resumiendo lo anterior y utilizando el mismo ejemplo del filtro de aceite tipo 4, se puede decir que X1 = 0.1, X2 = 0.4, X3 = 1, X4 = 0.2 y Y = 0.975. Además, como cada día se va a requerir actualizar el stock disponible, en la misma aplicación se debe hacer clic en la opción de acumulado para que utilice el último indicador como

base. De manera, cuando el indicador marque mediante el velocímetro el color rojo, va a indicar que se requiere reabastecer el stock.

**Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 1. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 27* de asignación de pesos (ver *Figura 85*).

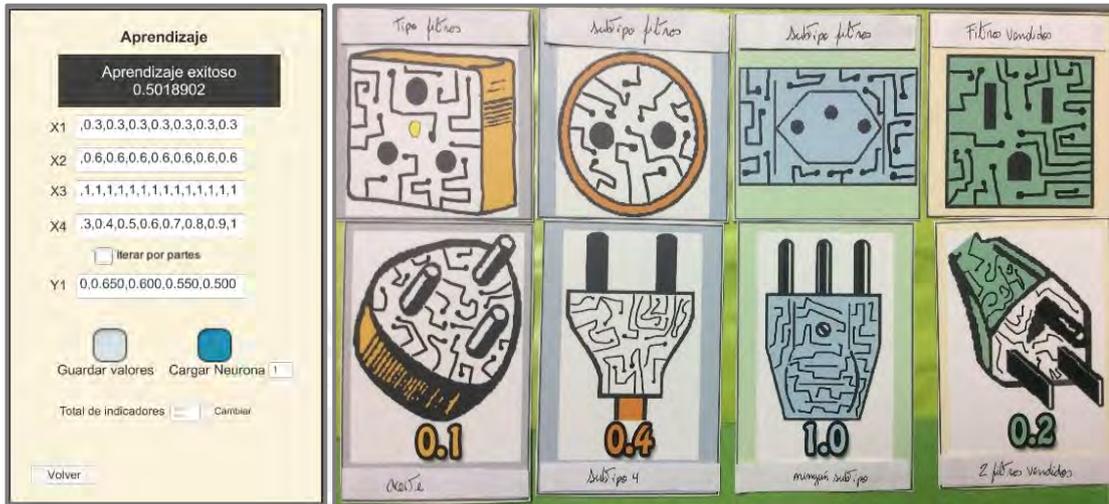


Figura 85 Aprendizaje del indicador 1 y tarjetas AR nombradas

Utilizando los valores del ejemplo del filtro de aceite tipo 4 del indicador de Stock de repuestos, se escanean los valores de la tarjeta y dio un resultado de 0.98 para el día 1 (ver *Figura 86*).

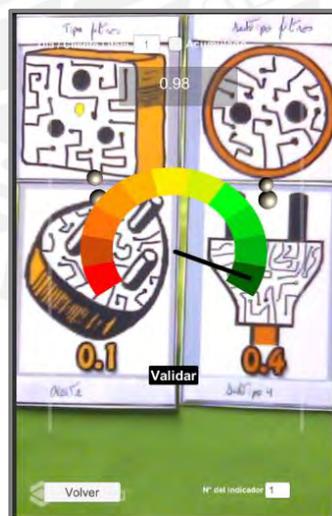


Figura 86 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

El día 2 se vendieron 5 filtros del mismo tipo y subtipo de filtro. Inicialmente en la *Figura 87* dio un resultado de 0.94 que significa el 94% del stock aún queda disponible para vender, pero este resultado no ha considerado lo ocurrido en el día 1.

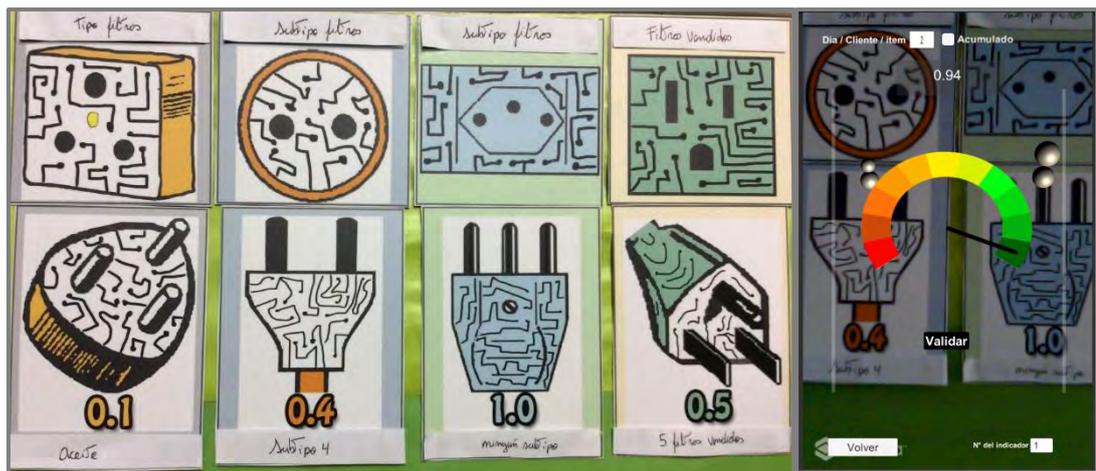


Figura 87 tarjetas AR nombradas y escaneo del día 2

Para que se actualice el stock con respecto a la venta del día 1, se debe dar clic a la casilla de verificación “Acumulado” que está en la ventana donde se escanean las tarjetas AR y volver a escanear las tarjetas AR (ver Figura 88). Sin embargo, se visualiza que da el mismo resultado al momento de volver escanear, pero si se entra a la ventana de “Gráfico” y se grafica hasta el día 2, se observa que aparece el valor de 0.92 en el segundo día. Se puede interpretar para el día 2 el stock actual representa al 92% del stock.



Figura 88 tarjetas AR nombradas y escaneo del día 2

Si se desea monitorear el stock de otros tipos de filtros o subtipos se puede realizar de la misma manera, pero guardando los valores en un diferente indicador.

### 5.3.2 Tiempo en reparación

Se enfocará en las operaciones de reparación con mayor frecuencia, para esto se usará la mediana (punto medio entre los datos) del tiempo que usualmente demora realizarlo. Se ha considerado la mediana y no el promedio debido a que el tiempo no siempre suele presentar un comportamiento de una Distribución Normal. Ambos parámetros miden la tendencia central de los datos, pero cuando los datos no son normales solo la mediana mide la tendencia central. Entonces para obtener una mejor representatividad se manejará el tiempo con la mediana. Para ello, se inicia con la toma de tiempos de cada vez que se realice la operación. Dando como ejemplo, se vio que la operación de cambio y/o ajuste de frenos de un auto es la de mayor demanda en un taller de autos y existen 3 tipos de mantenimiento en el sistema de frenos (más comunes) de disco, pastillas y tambores, los cuales toman un distinto tiempo en su cambio.

Se requiere de un tiempo promedio de 35 minutos tanto para los tipos disco y pastillas, mientras que para los del tipo tambores, se necesita un mayor tiempo de 50 minutos. Mediante este indicador no solamente se mide la rapidez, sino también la conformidad del cliente (calidad).

El atributo 1(X1) es el tipo de servicio de freno, para el atributo 2(X2) el tiempo que demora en realizar el cambio de freno en base a la mediana del tiempo calculada para cada tipo de freno y finalmente el atributo 3(X) la cantidad de reajuste que se realiza una vez que se termina la operación (ver Tabla 28).

Tabla 28 - Asignación de pesos

X1: Tipo de servicio de freno	Disco	Pastilla	Tambor								
Peso	0.1	0.2	0.3								
X2: Tiempo	<-8%	-8%	-6%	-4%	-2%	En el tiempo	+3%	+5%	+10%	+15%	>15%
Peso	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
X3: Cantidad de reajustes	0	1	2	3	4	>4					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6					

Los pesos puestos en X2, hace referencia que cuando se dio en la mediana del tiempo el indicador va a dar un resultado neutral, en otras palabras 0.5 (50%). Si existió una disminución del tiempo de la operación, entonces el indicador va a ser más cercano del 1 (100%) y de lo contrario más cercano a 0. Por otro lado, para X3, simplemente se colocaron pesos en forma creciente. Para calcular el resultado del indicador se aplica la siguiente fórmula:

- *Peso de X2 × 1, si la cantidad de reajustes fue 0*
- *Peso de X2 × 0.9, si la cantidad de reajustes fue 1*
- *Peso de X2 × 0.8, si la cantidad de reajustes fue 2*
- *Peso de X2 × 0.7, si la cantidad de reajustes fue 3*
- *Peso de X2 × 0.6, si la cantidad de reajustes fue 4*
- *Peso de X2 × 0.5, si la cantidad de reajustes fue mayor a 4*

Aplicando todo este criterio, si la operación para el cambio de frenos tipo disco se demora cerca de 2% más de lo normal y toma un solo reajuste; el cálculo será: 0.5 (del +2%) x 0.9 (por 1 reajuste) = 0.45. Para el peso de X2, no se considera 0.6, porque no se superó más del 3% del tiempo, por lo que se puso "En el tiempo".

Siguiendo la misma lógica se muestra los datos terminados para ser puestos en la aplicación en el Anexo 8.

**Uso de la aplicación:**

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 2. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 28* de asignación de pesos. Continuando con el ejemplo, el día 1 hubo un cambio de frenos tipo disco que se demoró cerca de 2% más de lo normal (ver *Figura 89*).



Figura 89 Aprendizaje del indicador 2 y tarjetas AR nombradas

Una vez escaneado los valores del día 1, se calculó que el tiempo de cambio de frenos dio un resultado de 0.5 (ver *Figura 90*). En otras palabras, el tiempo que se demoró en realizar la operación fue dentro de la mediana del tiempo que se suele demorar. Una propuesta para mejorar es la implantación de SMED para reducir los tiempos del cambio de frenos.

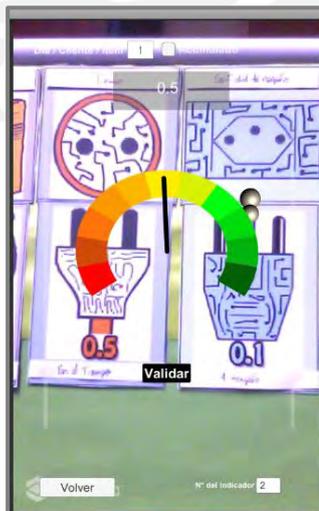


Figura 90 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

## 5.4 Empresas de fotocopias

Está enfocado a todas las empresas encargadas en realizar fotocopias, impresiones, anillados y otros servicios más de papelería (ver Figura 91). Mayormente, son stands dentro de centro comerciales o en forma de una tienda pequeña.

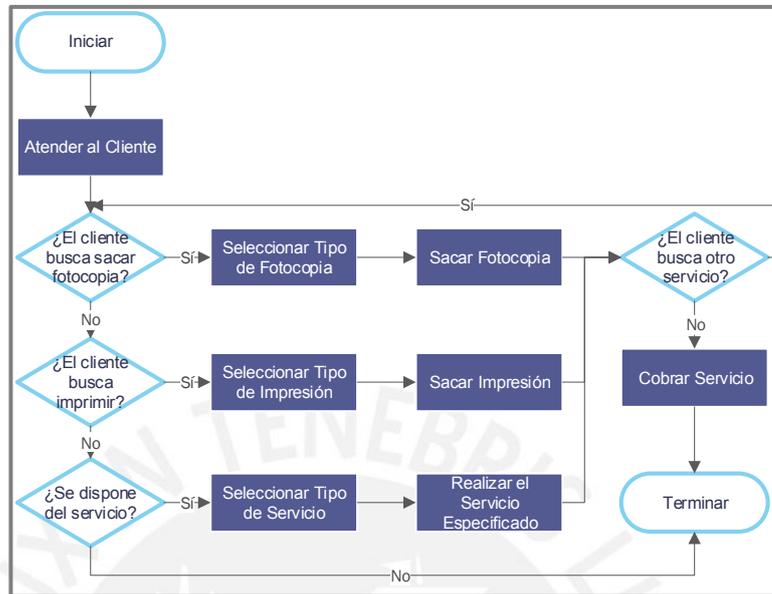


Figura 91 Flujograma básico de una empresa de fotocopias

### 5.4.1 Merma

En este rubro de empresas se busca eliminar los desperdicios, siendo la principal fuente los papeles. Para calcularlo, diariamente se pesa la cantidad de gramos de papel desperdiciado por millar de papel usado (o en base a la cantidad de papeles que hay en un paquete). En la Figura 92, se aprecia que las papelerías son la que generan la mayor cantidad de “diferencia del gasto de mermas con las ventas” en comparación a otros tipos de rubros sacados esta información de Fenalco que explica sobre la problemática latinoamericana y visión de la merma como una realidad social.

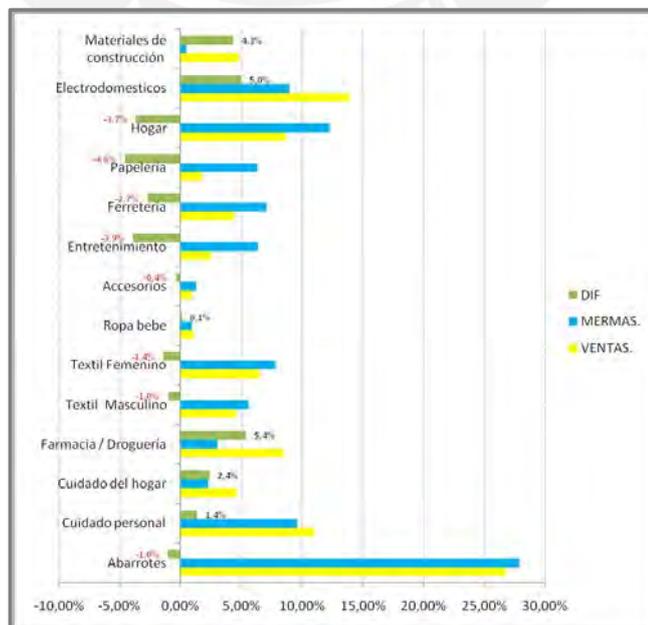


Figura 92 Relación entre las ventas y las mermas (Sin precederos)

Fuente: Fenalco (2010)

El atributo 1(X1) es la cantidad de gramos de merma de papel, para el atributo 2(X2) la cantidad de kilogramos de merma de papel y finalmente el atributo 3(X) la cantidad de paquetes de papel abiertos para realizar las impresiones (ver Tabla 29).

Tabla 29 - Asignación de pesos

<b>X1: Gramos</b>	<b>0-200</b>	<b>200-400</b>	<b>400-600</b>	<b>600-800</b>	<b>800-1000</b>					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5					
<b>X2: Kilogramos</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Peso	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
<b>X3: Paquetes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5					

Lo primero que se debe de definir es cuanto equivale un paquete de hojas, puede ser de 500 o 1000 hojas. De preferencia manejar una misma cantidad de hojas en un paquete para tener estandarizada la materia prima. Una vez seleccionado el paquete se debe sacar su peso; ya que en base a ello se calcula el indicador de la merma. Para el caso de este ejemplo, se trabajará con un paquete de hojas que pesa 2600 gramos y se aplicará la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso en gramos de la merma de papel}}{\text{Cantidad de paquetes abiertos para la impresión}}$$

Se está utilizando como referencia la unidad de paquete para calcular este indicador, y no simplemente la cantidad de gramos de merma en general; puesto que si se dice que el día de ayer hubo 2000 gramos de merma y hoy también fue la misma cantidad, realmente no se pueden comparar. Ya que, si ayer solo se abrieron 3 paquetes y hoy solo 2; quiere decir realmente que el día de hoy hubo una mayor cantidad de merma. Por ejemplo, si el día de hoy la cantidad total de merma de papel fue de 4400 gramos y se abrieron 4 paquetes de hojas, la cantidad de merma basada en el indicador sería el siguiente:

$$\text{Merma} = \frac{4400}{4 \times 2600} = 0.423$$

Sin embargo, recordar que para la aplicación mientras el valor (Indicador de merma) sea más cercano a 1 o 100% será mejor, caso contrario peor. Por ello se hará la siguiente conversión:

$$\text{Indicador de Merma} = 1 - 0.423 = 0.577$$

Para pasar estos datos en la aplicación, se pone 0.2 (X1) haciendo referencia a los 400 gramos, 0.4(X2) haciendo referencia a los 4000 gramos, 0.4(X3) por los 4 paquetes de hojas usados en el día y finalmente el valor 0.577(Y). Siguiendo la misma lógica se muestra los datos terminados para ser puesta en la aplicación en el Anexo 9.

Si se quiere realizar para una mayor cantidad de gramos de merma o paquetes, se puede crear otro indicador con la continuación y guardar los datos en el mismo slot. Adicionalmente, este indicador se puede aplicar para un restaurante, siendo la merma los gramos de comida dejada por el cliente y el paquete, la cantidad de platos consumidos en el día.

### Uso de la aplicación:

Con todos los datos de las combinaciones, se ingresan a la aplicación y se cargan a la Red Neuronal en el indicador 1. Luego, en las tarjetas AR se les escribe su respectivo nombre en base a la *Tabla 29* de asignación de pesos (ver *Figura 93*).



Figura 93 Aprendizaje del indicador 1 y tarjetas AR nombradas

Continuando con el ejemplo, una vez escaneado el día 1, el resultado significa que solo el 58% de toda la materia prima de papel no fue desperdiciada y destinada para su uso (ver *Figura 94*). Si bien, un poco más de la mitad no fue merma, aún existe un gran porcentaje de desperdicios (42%) y se debe aplicar algún Poka Yoke para evitar futuros desperdicios.

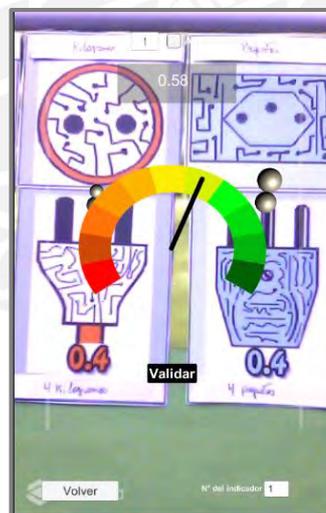


Figura 94 Escaneo de las tarjetas AR y visualización del resultado

## CAPITULO 6 Evaluación económica

En el último capítulo, se calculó el costo del desarrollo de la aplicación usada para el proyecto y su precio aproximado que se vendería solo para recuperar la inversión sin ningún fin de lucro. Además, se estimó el valor actual neto por 5 años para el tipo de empresa MYPE seleccionada en el capítulo 3, la cual se utilizó y aplicó la mejora de procesos a través de la herramienta móvil.

### 6.1 Costo de implementación de la aplicación

En el mercado peruano, el salario promedio de un programador de aplicaciones móviles es S/.3,033 según Fundación WageIndicator 2017. El tiempo estimado para el desarrollo será de 2 meses por lo que da un saldo de S/.6,066 por ambos meses. Asimismo, se le agregaron los siguientes costos en la *Tabla 30*.

Tabla 30 - Inversión de la aplicación

Costos	Mes 1	Mes 2	Total
Programador	S/3,033.00	S/3,033.00	S/6,066.00
Licencia Unity 3D	S/117.46	S/117.46	S/234.92
Licencia Vuforia	S/322.34	S/322.34	S/644.69
Licencia Google Play	S/81.40	S/0.00	S/81.40
Consumo eléctrico	S/46.28	S/46.28	S/92.56
Tarjetas AR-testeo	S/240.00		
<b>Total</b>	<b>S/3,840.48</b>	<b>S/3,519.08</b>	<b>S/7,119.57</b>

Están los costos de la Licencia Unity 3D que es el software para crear el aplicativo móvil y la Licencia Vuforia que es la librería virtual especializada para la Realidad Aumentada. También se estimó el costo de la Licencia Google Play que sirve para subir el aplicativo al Google Store para que este accesible a todos los usuarios. En el caso del consumo eléctrico, se evaluó el consumo de una computadora que se use en una jornada laboral de 8 horas al mes. Por último, el costo de impresión de las Tarjetas AR en cartón plastificado, las cuales se costearon 4 juegos de 48 cartas AR.

Como la finalidad del proyecto es apoyar a las MYPEs, no se le agregó un margen de ganancia al costo total. Para costear el precio, se realizó un benchmark de aplicaciones dedicadas a la mejora de procesos (aplicaciones sustitutas) con un costo promedio de S/.23.61 por usuario. En la *Tabla 31* se mostrará a mayor detalle.

Tabla 31 - Precio de aplicaciones sustitutas

Aplicaciones Sustitutas	Costo (S/.)	Licencia
Gestión Profesional de empresa	24.99	-
P10 Productivity Accelerator	25.34	-
Gestión Existencias y Pedidos	14.99	-
Pequeñas Empresa & Contabilidad PRO	31.90	-
Kpi Inventory	20.81	Anual
<b>Promedio</b>	<b>23.61</b>	

También existen aplicaciones gratuitas las cuales se tienen que comprar subproductos a un precio mínimo de 3 soles c/u y otras gratuitas cuya función es exportar datos de Excel y visualizarlos en gráficos. Según el Gerente de cuentas y estudios multiclientes de Ipsos (2015), "el peruano no está dispuesto a pagar

aplicaciones cuando existen otras opciones gratuitas”. No obstante, la aplicación móvil elaborada busca reemplazar a los costosos programas de computadora basados en una gestión de indicadores y a su vez poder recuperar la inversión. Es por ello, para que el precio sea más asequible se tomó la mitad del precio promedio siendo S/.11.8 por usuario.

$$\frac{S/7,119.57}{S/11.8 \text{ por usuario}} \cong 604 \text{ Usuarios}$$

El plan de recuperación de la inversión requerirá que 604 usuarios descarguen la aplicación. Si se considera un mínimo de 2 usuarios por micro o pequeña empresa, se necesitará 302 MYPEs empresas aproximadamente.

Para dar a conocer el aplicativo móvil a las MYPEs se tomarán dos vías de publicidad, la física y digital. La primera, realizará la entrega de volantes en los establecimientos (por zonas) de trabajo. El papel publicitario deberá de contener principalmente la siguiente información:

- Importancia de los indicadores
- Beneficios del aplicativo móvil
- Cómo obtener el aplicativo móvil
- Precio
- Información adicional (número de contacto, Facebook y blog)

Mientras que el digital será la vía gratuita (blog y página de Facebook) y también la de menor impacto por no ser la más directa. El plan de repartición de los volantes será por zonas distintas entre los distritos más representativos de las MYPEs según la Cámara del Comercio de Lima (2014): Lima Cercado, La Victoria y Los Olivos. Por día se repartirá un promedio de 45 volantes hasta 21 días (lunes a viernes) durante un mes. El costo de repartir es de 25 soles por día y se detallará los costos en la *Tabla 32*.

Tabla 32 – Costos publicitarios

Publicidad	Costos	Fuente
1000 afiches publicitarios	S/55.00	Mercado Libre
Repartición de afiches	S/525.00 (21 días x S/.25)	Lima OLX
<b>Total</b>	<b>S/580.00</b>	

## 6.2 Costo de implementación para las MYPEs

El costo de implementación para una MYPE constará de lo siguiente en la *Tabla 33*:

Tabla 33 - Inversión para una MYPE

Inversiones	Costos
Aplicación	S/23.60
Tarjetas AR	S/240.00
Capacitación White Belt (10 personas)	S/1,921.04
Materiales de implementación - 5'S	S/2,615.00
Materiales de implementación - Poka Yoke	S/2,150.00
Materiales de implementación - Otros	S/3,615.00
<b>Total</b>	<b>S/10,564.64</b>

Para el modelo MYPE a evaluar se consideró un total 10 trabajadores, siendo el máximo número de personas para micro y mínimo para pequeña empresa. También se supuso que un mínimo de dos usuarios adquirirá la aplicación por el hecho del

que el peruano no está acostumbrado a comprar apps. Tendrán 4 juegos de las Tarjetas AR y los 10 trabajadores se capacitarán para ser White Belts en Lean Six Sigma, es decir, serán conocedores de las herramientas básicas para la mejora de procesos como las 5's, Poka Yoke, estandarización y otras metodologías más. El costo de la capacitación se estimó del curso de Global Lean.

Los costos de los materiales de implementación para las herramientas de mejora se estimaron un promedio en base a otras tesis para MYPEs citadas en la bibliografía. Estos costos se dividieron entre las herramientas más utilizadas en proyectos de mejora, la primera son 5's que incluyen costos de tarjetas de clasificación, pizarras de comunicación, materiales de señalización, estantes, tachos, bandejas y papelería. La segunda es Poka Yoke que contienen sensores (movimiento y/o temperatura), alarmas y herramientas fabricadas y/o compradas. Los otros costos de implementación son de estandarización (capacitación del proceso y plantillas para uniformizar trabajos). Cabe resaltar, que la capacitación de la aplicación será gratuita por medio de tutoriales de YouTube.

Para el ahorro económico generado con las mejoras de procesos, se verán reflejadas en la disminución del tiempo que el trabajador le dedique. Existen otros tipos de ahorro como en las mermas e inventarios; pero se analizará el tiempo porque es el factor de impacto más directo. Por ejemplo: los defectos, desperdicios y mermas conllevan a un reproceso y eso es una pérdida de tiempo que el trabajador le dedica. Se examinó 3 diferentes escenarios sobre las posibilidades del impacto de dicho factor. El tiempo de ahorro para una jornada laboral de 8 horas será aproximadamente 20 (4%), 30 (6%) y 40 (8%) minutos por una jornada desde el escenario pesimista hasta el optimista respectivamente (ver *Tabla 34*).

Tabla 34 - Disminución de tiempo

	Disminución de tiempo
Escenario Optimista	8%
Escenario Normal	6%
Escenario Pesimista	4%

Se usó como referencia el costo por hora del salario mínimo del Perú (S/.850) y se mantiene el supuesto de los 10 trabajadores. El costo por hora resultó 5.06 en base a 21 días mensuales y una jornada de 8 horas diarias. Se indicará en la *Tabla 35* el ahorro por horas hombre de cada escenario.

Tabla 35 - Cálculo del ahorro por escenario

Escenario	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Trabajadores	Ahorro	Ahorro mensual	Ahorro anual
Optimista	8	7.36	0.64	5.06	10	S/32.38	S/680	S/8,160
Normal	8	7.52	0.48	5.06	10	S/24.29	S/510	S/6,120
Pesimista	8	7.68	0.32	5.06	10	S/16.19	S/340	S/4,080

Para los siguientes años se mantendrá constante el ahorro debido a que diferencia de los demás proyectos de mejora de Lean y/o Six sigma, la peculiaridad de este es que al tener una aplicación sistematizada va a permitir que el monitoreo y control sea permanente, sencillo y genere un hábito en los trabajadores. De esta manera

será difícil que quede en el olvido las mejoras ya implementadas. Adicionalmente, en los siguientes años se considera como egresos las reuniones de auditoría anuales que involucra a los 10 operarios, el costo se estimó en base a la hora-hombre que le dedicarían una vez por mes resultando 607 soles anuales (12 meses x 10 operarios x 5.06 costo por hora). A mayor detalle se mostrarán los ingresos y egresos en la *Tabla 36*.

Tabla 36 - Flujo económico y financiero del proyecto por escenario

<b>Escenario Optimista</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ahorro</b>		S/8,160	S/8,160	S/8,160	S/8,160	S/8,160
<b>Egreso</b>	S/10,565	S/607	S/607	S/607	S/607	S/607
<b>Utilidad -Flujo Económico</b>	<b>-S/10,565</b>	<b>S/7,553</b>	<b>S/7,553</b>	<b>S/7,553</b>	<b>S/7,553</b>	<b>S/7,553</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>S/3,169</b>					
<b>Amortización</b>		-S/234	-S/354	-S/537	-S/813	-S/1,231
<b>Intereses</b>		-S/1,631	-S/1,510	-S/1,328	-S/1,052	-S/633
<b>Utilidad -Flujo Financiero</b>	<b>-S/7,395</b>	<b>S/5,688</b>	<b>S/5,688</b>	<b>S/5,688</b>	<b>S/5,688</b>	<b>S/5,688</b>

<b>Escenario Normal</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ahorro</b>		S/6,120	S/6,120	S/6,120	S/6,120	S/6,120
<b>Egreso</b>	S/10,565	S/607	S/607	S/607	S/607	S/607
<b>Utilidad -Flujo Económico</b>	<b>-S/10,565</b>	<b>S/5,513</b>	<b>S/5,513</b>	<b>S/5,513</b>	<b>S/5,513</b>	<b>S/5,513</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>S/3,169</b>					
<b>Amortización</b>		-S/234	-S/354	-S/537	-S/813	-S/1,231
<b>Intereses</b>		-S/1,631	-S/1,510	-S/1,328	-S/1,052	-S/633
<b>Utilidad -Flujo Financiero</b>	<b>-S/7,395</b>	<b>S/3,648</b>	<b>S/3,648</b>	<b>S/3,648</b>	<b>S/3,648</b>	<b>S/3,648</b>

<b>Escenario Pesimista</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ahorro</b>		S/4,080	S/4,080	S/4,080	S/4,080	S/4,080
<b>Egreso</b>	S/10,565	S/607	S/607	S/607	S/607	S/607
<b>Utilidad -Flujo Económico</b>	<b>-S/10,565</b>	<b>S/3,473</b>	<b>S/3,473</b>	<b>S/3,473</b>	<b>S/3,473</b>	<b>S/3,473</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>S/3,169</b>					
<b>Amortización</b>		-S/234	-S/354	-S/537	-S/813	-S/1,231
<b>Intereses</b>		-S/1,631	-S/1,510	-S/1,328	-S/1,052	-S/633
<b>Utilidad -Flujo Financiero</b>	<b>-S/7,395</b>	<b>S/1,608</b>	<b>S/1,608</b>	<b>S/1,608</b>	<b>S/1,608</b>	<b>S/1,608</b>

Se añadió un flujo financiero en la *Tabla 36* solo para el caso que la empresa decida realizar un préstamo con el banco para cubrir parte de la inversión. Para hallar la tasa de interés (costo de la deuda), se realizó una simulación en base al monto del egreso con diferentes entidades bancarias (bancos y cajas municipales) que en promedio ofrecían una tasa del 51% anual. Debido a la elevada tasa para las MYPEs, para calcular la cantidad de financiamiento se optó por un porcentaje menor al aporte propio aplicando el 30% financiamiento y 70% aporte propio. Además, con dicha tasa se procedió a calcular la amortización e intereses a un plazo de 5 años.

Para contrastar la viabilidad del proyecto se calculó el Costo de Oportunidad Capital (COK) para el caso si la empresa decide pagar toda la inversión o caso contrario, se calculó el Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC) si parte de la inversión será financiada por una entidad financiera. Para los cálculos del COK y WACC se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$COK = Tasa\ libre\ de\ riesgo + Prima\ de\ riesgo \times Beta\ apalancado + Riesgo\ país$$

$$WACC = Aporte\ propio\% \times COK + Financiamiento\% \times Tasa\ de\ interés \times (1 - Impuesto\ a\ la\ renta\ MYPE)$$

Para calcular el Beta apalancado se aplicó la siguiente fórmula:

$$Beta\ apalancado = \left( 1 + \frac{Financiamiento\%}{Aporte\ Propio\%} \times (1 - Impuesto\ a\ la\ renta\ MYPE) \right) \times Beta\ desapalancado$$

Los datos del Beta desapalancado se obtuvieron la web de Damodaran. Estos datos conseguidos fueron para empresas similares o iguales a los rubros trabajados en el presente proyecto. Dicha información, en la *Tabla 37* se promedió con el fin de manejar un solo Beta para la evaluación del proyecto.

Tabla 37 - Beta desapalancado por rubro de empresa

Nombre de la Industria	Beta desapalancado
Repuestos de Autos	0.94
Negocios y Servicio de Consumo	0.85
Equipos y Servicios de Oficina	1.09
Papelería	0.83
Restaurante	0.61
<b>Promedio</b>	<b>0.86</b>

Fuente: Damodaran (2017)

Adicionalmente, se consiguió la siguiente información restante para los cálculos del COK, WACC y Beta apalancado en la *Tabla 38*.

Tabla 38 - Datos para el COK, WACC y Beta apalancado

Tasa libre de riesgo	9.35%
Prima de riesgo	3.81%
Beta desapalancado	0.86
Riesgo país	1.33%
Financiamiento	30%
Aporte propio	70%
Impuesto a la renta MYPE	10%
<b>Beta apalancado</b>	<b>1.20</b>
Costo deuda	51.45%
<b>COK</b>	<b>15.24%</b>
<b>WACC</b>	<b>24.56%</b>

Fuente: The logic value y Gestión

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es el porcentaje de ganancia o pérdida que tendrá la inversión y por cada escenario se calculó para las diferentes Tasa de Descuento (COK y WACC), resultando la mayor con 65.8% y la menor 19.2% si se usa el COK (15.24%). Por otro lado, si se usa el WACC (24.56%) la mayor con 71.8% y la menor con 2.9% (ver *Tabla 39*).

Tabla 39 - TIR por escenario

	Tasa de Descuento	
	COK	WACC
TIR Optimista	65.8%	71.8%
TIR Normal	43.7%	40.2%
TIR Pesimista	19.2%	2.9%

Para que se acepte el proyecto en todos los escenarios se requiere tener una Tasa de Descuento menor que la TIR. Tanto el escenario normal como el optimista, el COK resultó ser menor a la TIR al igual que el WACC. Por otro lado, en el escenario pesimista solamente el COK fue menor a la Tasa Interna de Retorno.

Asimismo, otra forma de validar el proyecto es presentar un Valor Actual Neto (VAN) mayor o igual a 0. Por esa razón, se realizó la siguiente *Tabla 40* para cada diferente Tasa de Descuento con su respectivo VAN.

Tabla 40 - VAN por escenario

Tase de Descuento	COK			WACC		
	VAN Optimista	VAN Normal	VAN Pesimista	VAN Optimista	VAN Normal	VAN Pesimista
0%	S/27,200	S/17,000	S/6,800	S/21,046	S/10,846	S/646
5%	S/22,135	S/13,303	S/4,471	S/17,232	S/8,399	-S/433
10%	S/18,067	S/10,333	S/2,600	S/14,167	S/6,434	-S/1,299
15.24%	S/14,611	S/7,811	S/1,011	S/11,565	S/4,765	-S/2,035
20%	S/12,023	S/5,922	-S/179	S/9,616	S/3,515	-S/2,586
24.56%	S/9,932	S/4,396	-S/1,140	S/8,041	S/2,505	-S/3,031
30%	S/7,831	S/2,862	-S/2,106	S/6,459	S/1,490	-S/3,478
35%	S/6,202	S/1,674	-S/2,855	S/5,232	S/704	-S/3,825
40%	S/4,807	S/655	-S/3,497	S/4,181	S/29	-S/4,122
45%	S/3,601	-S/225	-S/4,051	S/3,273	-S/553	-S/4,379
50%	S/2,552	-S/991	-S/4,534	S/2,483	-S/1,060	-S/4,602
55%	S/1,633	-S/1,662	-S/4,956	S/1,791	-S/1,504	-S/4,798
60%	S/823	-S/2,253	-S/5,329	S/1,181	-S/1,895	-S/4,971
65%	S/105	-S/2,777	-S/5,659	S/640	-S/2,242	-S/5,123
70%	-S/535	-S/3,244	-S/5,953	S/158	-S/2,551	-S/5,260
75%	-S/1,108	-S/3,662	-S/6,216	-S/273	-S/2,827	-S/5,382
80%	-S/1,623	-S/4,038	-S/6,453	-S/661	-S/3,076	-S/5,491
85%	-S/2,089	-S/4,378	-S/6,667	-S/1,012	-S/3,301	-S/5,591
90%	-S/2,511	-S/4,687	-S/6,862	-S/1,330	-S/3,505	-S/5,681
95%	-S/2,896	-S/4,967	-S/7,039	-S/1,620	-S/3,691	-S/5,762
100%	-S/3,248	-S/5,224	-S/7,200	-S/1,885	-S/3,861	-S/5,837

Con una tasa de descuento de 15.24% (COK) se alcanzó un VAN de S/.14611, S/.7811 y S/.1011 para los escenarios optimista, normal y pesimista respectivamente. De la misma manera, con una tasa de 24.56% (WACC) se logró un VAN de S/.8041, S/.2505 y -S/.3031 respectivamente.

## CAPITULO 7 Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- La evaluación económica del proyecto resultó ser viable al obtener un VAN estimado para el escenario normal de S/.7811 y S/.2505 al aplicar la tasa de descuento del COK y WACC respectivamente; mientras que para el escenario optimista se incrementó dos veces más para ambas tasas. Además, los valores monetarios del VAN siempre resultaron ser mayores en los 3 escenarios cuando se aplicó una Tasa de Descuento con el COK que con el WACC. Esto explica el alto costo de deuda que existe actualmente para las empresas MYPE que buscan ser financiadas por una entidad financiera.
- El presente proyecto garantiza un ahorro estimado anual de S/6,120 (escenario normal) perenne; ya que a diferencia de un proyecto de mejora de Lean y/o Six Sigma, en este se van a poder automatizar los controles por medio de una gestión basada en indicadores en una aplicación móvil. Cualquier proceso que se mejore, sino se automatiza, solo va a quedar en manuales y palabras. Por tal motivo, el aplicativo tendrá la función de mantener la mejora continua con el paso de los años mediante el uso de las tarjetas AR.
- Las Redes Neuronales aún siguen siendo un modelo experimental, por lo que todavía no existe una arquitectura exacta para su diseño. Sin embargo, por medio de ensayo y error se logró crear un propio modelo con dos capas ocultas capaz de simular y aprender cualquier problema de los 12 indicadores propuestos. Se escogió este modelo y no otra herramienta de Data Mining como Árboles de Decisión o Naive Bayes por la flexibilidad en reconocer ciertos patrones ante datos con ruido, distorsionados o incompletos.
- Se logró reducir al 10% el tiempo de aprendizaje de la Red Neuronal; es decir, si antes demoraba 1 hora, ahora solo 6 minutos. La programación inicial del modelo por medio de los bucles (for y while en C#) no era suficiente. Por tal motivo, se creó una iteración por partes que permita guardar los últimos pesos de la Red Neuronal y seguir iterando nuevamente, pero con un número reducido de iteraciones.
- La Realidad Aumentada ayudó en simplificar la recopilación de datos nuevos mediante el escaneo de las tarjetas AR (simulando a un lector de barras) y la visualización del resultado obtenido en un velocímetro de colores (como semaforización) en 8 segundos aproximadamente. Asimismo, el manejo de las tarjetas AR han servido como medio práctico por su reutilización entre indicadores similares. Igualmente, la facilidad de poder diseñar un propio indicador en la aplicación móvil y asignar nombres a las tarjetas AR permitió personalizar y ajustar a las necesidades de la empresa.
- La tesis tiene como finalidad servir como base para el desarrollo de nuevos aplicativos para mejorar los indicadores de productividad (sus procesos). De esta manera, estará más al alcance tanto tecnológicamente (desde su celular) como económicamente (S/23.6 costo del aplicativo) para todos los usuarios, sobre todo para las MYPEs.
- El aplicativo móvil va a permitir medir los resultados del proceso frente a los objetivos propuestos, optimizar los costos operativos, mantener la continuidad de la toma de datos e identificar oportunidades de mejora acorde a los resultados obtenidos.

## 7.2 Recomendaciones

- Para facilitar la creación de los indicadores, se recomienda crear un árbol de decisiones en el aplicativo capaz realizar todas las posibles combinaciones para cada atributo. De manera que dicho árbol permita al usuario solamente digitar el resultado. Asimismo, ya no tendrá que estar preocupado por pensar sobre cómo hacer las todas posibles combinaciones.
- Para un mejor desempeño del aplicativo, se recomienda contar con un Smartphone con un RAM mínimo de 1GB. Cabe resaltar, a mayor RAM, menor tiempo será el que demore en aprender la Red Neuronal.
- Toda gestión basada en indicadores siempre debe ir acompañada de propuestas de mejoras y el mismo compromiso de los usuarios; ya que no sería de mucha utilidad poder medir los procesos si no se logra cambiar la coyuntura actual. Es por ello, lo ideal sería que cada trabajador posea la aplicación desarrollada para estar informado y discutir en círculos de calidad que herramientas de la metodología DMAIC aplicar para optimizar los procesos.
- Se sugiere tener un indicador general de toda la empresa, principalmente con unidades monetarias (ventas, costos y margen) o que influya directamente (tiempo, desperdicios y entre otros) para que sirva como termómetro de cómo va la empresa. Por otro lado, no se recomienda tener más de 3 indicadores por proceso, por el hecho de que se vuelve tedioso medir todos, son muy específicos y se pueden simplificar.
- Para generar un gran ahorro en el tiempo de los procesos se debe tener el compromiso y disciplina de todos los trabajadores (desde el jefe hasta sus empleados) para seguir la metodología del DMAIC. De la misma forma, no se debe olvidar que el indicador general debe estar enfocado a la voz del cliente (COV), ya que todos los esfuerzos serán percibidos.
- Dentro de la metodología DMAIC se recomienda utilizar el aplicativo en las etapas de medir, analizar y controlar. En medir, puesto que sirve para la toma de datos del indicador general. En analizar, ya que en base al histograma que se va generando se podrá tomar las decisiones para identificar las mejoras. Por último, controlar porque el aplicativo influye a que uno continúe midiendo los indicadores luego de haber ya implementado las mejoras; y con ayuda del velocímetro de colores saber si está dentro de los límites permitidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APRENDIENDO CALIDAD Y ADR  
*Las 5S + 4S = 9S: Las 5S de calidad*. Consulta: 10 de septiembre de 2016.  
<https://aprendiendocalidadyadr.com/las-5-s-4-s-9-s/>
- ALCÁNTARA, Edgar  
2010 *Gestión Eficiente de una Micro y Pequeña Empresa: Como superar el segundo año y sostenerse en el tiempo*. Tesina para obtener el grado de magister en derecho de la empresa especialista en banca y finanzas. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado.
- ARCIDIACONO, Gabriele, Claudio CALABRESE y Kai YANG- VERLAG  
2012 *Leading processes to lead companies: Lean Six Sigma*. Italia: SPRINGER.
- B. CRAIG, Alan  
2013 *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. Estados Unidos: Newnes.
- DAMODARAN  
*Damodaran: Levered and Unlevered Betas by Industry*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- DIXON Matthew, Kare FREEMAN y Nick TOMAN  
2011 *Harvard business review paperback series: Stop trying to delight your customers*. Estados Unidos: Harvard Business Press.
- EL COMERCIO  
*El Comercio: Las apps de pago no tienen espacio para crecer en el Perú*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
<https://elcomercio.pe/economia/peru/apps-pago-espacio-crecer-peru-188099>
- ELSAYED, Neven A.M y otros  
2016 “*Situado analítico: Demostración de herramientas analíticas con la realidad aumentada*”. En DUH, Henry. (editor). *Journal of visual languages and computing*. Estados Unidos: ELSEVIER, pp. 13-23.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE COMERCIANTES (FENALCO)  
2010 *8vo Censo Nacional de Mermas y Prevención de Pérdidas*. Colombia: FENALCO. Consulta: 10 de Octubre de 2017.
- FRESNO LÓPEZ, Palmira  
2009 *Gestión de reclamaciones: convierta en oportunidades las reclamaciones de sus clientes*. España: Netbiblo.
- GEORGE Michael  
2003 *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. United States: MC GRAW HILL.
- GESTIÓN  
*Gestión: Apenas el 20% de las mypes peruanas obtienen ganancias de sus negocios*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
<https://gestion.pe/empleo-management/cofide- apenas-20-mypes-peruanas-obtienen-ganancias-sus-negocios-2101349>
- GLOBAL LEAN  
*Certificación Lean: White Belt Online*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
<http://www.globallean.net/formacion/certificacion-lean-white-belt/3124/>
- GOLEANSIXSIGMA

- Lean Six Sigma: SIPOC Infographic*. Consulta: 12 de Octubre de 2016.  
<https://goleansixsigma.com/lean-six-sigma-sipoc-infographic/>
- Greg, KIPPER y Joseph RAMPOLLA  
 2012 *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Estados Unidos: Newnes.
  - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI)  
*INEI: Sector Servicios*. Consulta: 30 de septiembre de 2016.  
<https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/encuesta-mensual-del-sector-servicios-8536/1/>
  - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI)  
*INEI: Indicadores de rentabilidad*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/.../cap06.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/.../cap06.pdf)
  - ISOSCORECARD  
*ISOSCORECARD: Plan Estratégico Definición de semáforos*. Consulta: 30 de septiembre de 2016.  
<https://isoscorecard.wordpress.com/2016/12/11/4-4-plan-estrategico-definicion-de-semaforos/>
  - KATO, H. & M. BILLINGHURST.  
 1999 "Marker Tracking and Hmd Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System". En 2<sup>nd</sup> IEE and ACM International Workshop. *Augmented Reality*. Estados Unidos: IEEE, pp. 85-94.
  - MACEDO, Ana  
 2016 *Análisis y propuesta de mejora de procesos en una orfebrería (platería), mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias en Ingeniería.
  - MERCADO LIBRE  
*Volantes publicitarios*. Consulta: 20 de diciembre de 2017.  
[https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-430509600-volantes-publicitarios-1000-alta-resolucion-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-430509600-volantes-publicitarios-1000-alta-resolucion-_JM)
  - MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN  
*Ministerio de la producción: Las Mipym en cifras 2014*. Consulta: 10 de septiembre de 2016.  
[www.produce.gob.pe/remype/data/mype2014.pdf](http://www.produce.gob.pe/remype/data/mype2014.pdf)
  - OLX  
*Necesito volantero*. Consulta 20 de diciembre de 2017.  
<https://lima-lima.olx.com.pe/necesito-volantero-a-iiid-1007750899>
  - PASCUAL, Emilsen  
 2009 *Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando Six Sigma*. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias en Ingeniería.
  - PÉREZ LÓPEZ, César  
 2007 *Minería de datos: técnicas y herramientas*. España: Paraninfo.
  - PERU 21  
*CCL: ¿Qué distritos concentran la mayor creación de microempresas?*. Consulta: 20 de Diciembre de 2017.  
<https://peru21.pe/economia/ccl-distritos-concentran-mayor-creacion-microempresas-166028>
  - PONCE CRUZ, Pedro  
 2010 *Inteligencia artificial: Con aplicaciones a la ingeniería*. Mexico: Alfaomega.
  - PLAN ÚNICO DE CUENTAS  
*PUC: 4155 Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler*. Consulta: 25 de septiembre de 2016.  
<http://puc.com.co/4155>

- PYZDEK, Thomas y Paul A. KELLER  
2010 *The Six Sigma Handbook: Una guía completa para cinturón verde, cinturón negro y gerentes de todos los niveles*. United States: MC GRAW HILL.
- RH INGECON  
*Sistema Integrado de Gestión: Mapa de procesos*. Consulta: 12 de Octubre de 2016.  
<http://www.rhingecon.com/mapa-de-procesos/>
- ROI MANAGEMENT CONSULTING AG  
*ROI Management Consulting AG: Poka Yoke*. Consulta: 12 de Octubre de 2016.  
<http://www.lean-fabrika.cz/ca/terminology/poka-yoke-444738#.Wr6NU4hzaUk>
- SEGOVIA, Daniel y otros  
2015 “Realidad aumentada (AR) como herramienta para el control de la producción y la calidad”. En CANTÚ, F. J. (editor). *Procedia Computer Science*. Estados Unidos: ELSEVIER, pp. 291-300.
- SEGOVIA, Daniel y otros  
2015 “Mecanizado y Formación Validación de dimensiones utilizando la realidad aumentada para un proceso de Lean”. En CANTÚ, F. J. (editor). *Procedia Computer Science*. Estados Unidos: ELSEVIER, pp. 195-204.
- STEPANIUK, Jarlaw  
2008 *Studies in computational intelligence: Rough – Granular Computing in Knowledge Discovery and Data Mining*. Berlin: SPRINGER.
- TEKNOFILO  
*Teknofilo: ¿Cuánta memoria RAM es realmente necesaria en un smartphone Android?*. Consulta: 18 de febrero de 2017.  
<http://www.teknofilo.com/cuanta-memoria-ram-es-realmente-necesaria-en-un-smartphone/>
- THE LOGIC VALUE  
*The Logic Value: ¿Cómo calculamos la Prima de riesgo de mercado y la Tasa libre de riesgo en The Logic Value?*. Consulta: 10 de Octubre de 2017.  
<https://thelogicvalue.com/post/como-calculamos-la-prima-de-riesgo-de-mercado-y-la-tasa-libre-de-riesgo-en-thelogicvalue/>
- VALDIVIA, Carlos  
2013 *Diagnóstico y propuestas de mejora de procesos empleando la metodología Six Sigma para una fábrica de mantenimiento y reposición de mobiliario para supermercados y tiendas comerciales*. Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias en Ingeniería.
- VILLA, Julio  
2017 *Mejora de procesos en una empresa comercializadora de productos de limpieza, consumo masivo y nutrición animal*. Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias en Ingeniería.
- WAGEINDICATOR  
*WageIndicator: Programador de aplicaciones informáticas*. Consulta: 15 de Noviembre del 2017.  
<https://tusalarario.org/peru/portada/salario/comparador-salarial?job-id=2514010000000#/>
- Wagner D.  
2009 “Making augmented reality practical on mobile phones”. En IEEE COMPUTER SOCIETY. *Computer Graphics and Applications*. Estados Unidos: IEEE, pp. 12-15.