

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MEJORA QUE
MINIMICE LA CANTIDAD DE ERRORES EN
EL PROCESO REALIZADO EN EL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE
MICROPORT ORTHOPEDICS COSTA RICA,
PARA EL 3° CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Sustentante: Mayelin Gutiérrez Jiménez


Tutora: Yesenia Salazar Guzmán

Heredia, febrero, 2020

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Mayelín Yirlania Gutiérrez Jiménez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 402260854 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Implementación de una mejora que minimice la cantidad de errores en el proceso realizado en el departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics Costa Rica, para el 3º cuatrimestre del año 2019**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público, en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 18 días del mes de enero del año dos mil veinte.


402260854
Firma del estudiante
Cédula

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 17 de enero de 2020

Señores
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante Mayerlin Gutiérrez Jiménez, cédula de identidad número 4-0226-0854, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *Implementación de una mejora que minimice la cantidad de errores en el proceso realizado en el departamento de Ingeniería de Microport Orthopedics Costa Rica, para el 3° cuatrimestre del año 2019*, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

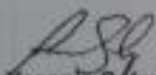
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


 Ing. Yesenia Salazar Guzmán, MBA.
 Cédula: 6-0354-0437
 Carné Colegio Profesional IPI-24137

CARTA DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Escuela de Ingeniería Industrial

Estimados Señores

La estudiante Mayelin Gutiérrez Jiménez, cédula de identidad 4-0226-0854, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "IMPLEMENTACIÓN DE UNA MEJORA QUE MINIMICE LA CANTIDAD DE ERRORES EN EL PROCESO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MICROPORT ORTHOPEDICS COSTA RICA, PARA EL 3° CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma:



Ing. Franklin Carvajal Cordero, MPIO

Cédula 7-0143-0830

CARTA DEL FILÓLOGO

San José, 22 de febrero, 2020

Señores

Carrera Ingeniería Industrial

Universidad Hispanoamericana, Sede Heredia

Leí y corregí el proyecto de graduación: "Implementación de una mejora que minimice la cantidad de errores en el proceso realizado en el departamento de Ingeniería de MICROPORT ORTHOPEDICS Costa Rica, para el 3° cuatrimestre del año 2019", elaborado por la estudiante Mayelin Gutiérrez Jiménez, cédula 4-0226-0854, para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Corregí el trabajo en aspectos, tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad Hispanoamericana.

Atentamente,



M. Sc. Edgar Rojas González

Carné 2443

Teléfono: 88822158

Correo: edgarrojasg27@gmail.com

ACTA DE APROBACIÓN



Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: Ing. Federico Salazar Jiménez, representante dirección de carrera, Ing. Yesenia Salazar Guzmán tutora y Ing. Franklin Carvajal Cordero lector, se presenta a la postulante Gutiérrez Jiménez Mayelin Yirlania Cédula n° 4-0226-0854 quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: "IMPLEMENTACION DE UNA MEJORA QUE MINIMICE LA CANTIDAD DE ERRORES EN EL PROCESO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MICROPORT ORTHOPEDICS COSTA RICA, PARA EL 3° CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019". Para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que a la estudiante: Gutiérrez Jiménez Mayelin Yirlania, ha Aprobado su requisito de graduación con un puntaje de 100 en la escala de 0 a 100.

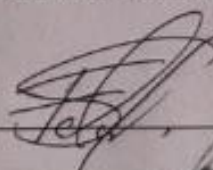
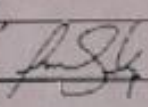
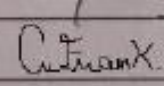

Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: sábado 18 de abril del 2020.

Director(a) de Carrera: _____

Tutor(a): _____

Lector(a): _____

Estudiante: _____

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LICENCIA DE TFG FINAL

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

Heredia, 18 de abril de 2020

Señores:

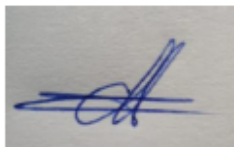
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Mayelin Yirlania Gutiérrez Jiménez con número de identificación 402260854 autor (a) del trabajo de graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA MEJORA QUE MINIMICE LA CANTIDAD DE ERRORES EN EL PROCESO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MICROPORT ORTHOPEDICS COSTA RICA, PARA EL 3° CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019 presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; SI / NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



402260854

Firma y Documento de Identidad

DEDICATORIA

A Dios, por ayudarme y darme la fuerza para seguir y terminar mi carrera, a mi madre Ana Jiménez y mi hermano Jefferson Gutiérrez, por siempre apoyarme y estar en cada paso dado de camino a cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia por siempre darme ánimo y apoyo en todo este camino.

A todos los amigos, compañeros y profesores que contribuyeron a que esto fuera posible.

Y a la empresa MicroPort Orthopedics por darme la oportunidad de realizar el proyecto de graduación y siempre darme la ayuda necesaria en cada parte del proceso.

ÍNDICE

DECLARACIÓN JURADA	ii
CARTA DEL TUTOR.....	iii
CARTA DEL LECTOR.....	iv
CARTA DEL FILÓLOGO	v
ACTA DE APROBACIÓN.....	vi
CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LICENCIA DE TFG FINAL.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
ÍNDICE	x
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xxiii
RESUMEN EJECUTIVO	xxiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	25
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	26
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	28
1.2.1. Descripción general de la empresa	28
1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución	30
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
1.3.1. Definición del problema	32
1.3.2. Justificación	37

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	38
1.4.1. Objetivo general.....	38
1.4.2. Objetivos específicos.....	38
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	39
1.5.1. Alcances	39
1.5.2. Limitaciones.....	39
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	40
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	41
2.1.1. Globalización	41
2.1.2. Recurso humano	41
2.1.3. La calidad y su historia	42
2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	43
2.2.1. Calidad	43
2.2.2. Sistema de calidad	44
2.2.3. Gestión de la calidad	45
2.2.4. Calidad en los procesos	46
2.2.5. ¿Cómo se calcula la calidad en el departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics?	47
2.2.6. Calidad y reconocimiento	48
2.2.7. Evaluación del desempeño.....	49

2.2.8. Medición de resultados y trabajo en equipo.....	51
2.2.9. Metodología DMAIC	52
2.2.10. Definir	52
2.2.11. Medir.....	56
2.2.12. Analizar.....	58
2.2.13. Mejorar	58
2.2.14. Controlar	60
2.3. EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	63
2.3.1. Lean Manufacturing.....	63
2.3.2. Seis Sigma.....	64
2.3.3. Costos de calidad	65
2.3.4. Indicadores de calidad.....	67
2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES...	67
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	70
3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	71
3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL PROYECTO	74
3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO ..	76
3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	77

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	79
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.....	82
4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL, DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	83
4.1.1. Tiempo disponible para la realización del proyecto	83
4.1.2. Datos de calidad de las últimas contrataciones	90
4.1.3. Project Charter.....	91
4.1.4. Diagrama de Pareto.....	93
4.1.5. Histograma de calidad semanal.....	97
4.1.6. Diagrama de Ishikawa	98
4.1.7. Análisis de los 7 desperdicios.....	105
4.1.8. Diagrama de flujo.....	107
4.1.9. SIPOC	110
4.2. MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO.....	111
4.2.1. Análisis de errores en la base de datos.....	111
4.2.2. Errores por región.....	118
4.2.3. Errores por ingeniero	125
4.2.4. Gráfica de calidad de todos los ingenieros	135

4.2.5. Porcentaje de participación de los doctores en el proceso y análisis de sus respectivos errores	136
4.2.6. Estadística progreso de calidad.....	138
4.2.7. ¿Cuánto le cuesta eso a la compañía en tiempo y dinero?	140
4.2.8. Análisis de tiempo de procesamiento de los casos y si el estándar necesita un ajuste	142
4.2.9. Errores de los nuevos ingenieros	146
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	149
5.1. PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CALIDAD DEL DEPARTAMENTO	150
5.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PARA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	150
5.3. MEJORAS PARA REALIZAR DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE ISHIKAWA	151
5.3.1. Máquina.....	151
5.3.2. Materia Prima	151
5.3.3. Mano de obra.....	152
5.3.4. Medidas	155
5.3.5. Método.....	155
5.4. MEJORAS PROPUESTAS PARA EL ANÁLISIS DE DESPERDICIOS	156
5.5. UTILIZACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA LAS MEJORAS DE CALIDAD	161

5.6. PROPUESTA PARA EL PLAN PILOTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS PARA LA CALIDAD DEL DEPARTAMENTO	167
5.6.1. Mejoras en la calidad fase 1	167
5.6.2. Verificación de los resultados de la fase 1	170
5.6.3. Mejoras en la calidad del proceso fase 2.....	185
5.6.4. Segundas mejoras implementadas.....	186
5.6.5. Resultados de las segundas mejoras en la calidad del departamento de ingeniería	198
5.6.6. Ahorro en dinero, tiempo y cantidad de casos durante la investigación del proyecto	218
5.6.7. Control para las mejoras implementadas en el proceso	227
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	229
6.1. CONCLUSIONES.....	230
6.1.1. Situación actual	230
6.1.2. Propuesta de implementación	231
6.2. RECOMENDACIONES	233
BIBLIOGRAFÍA	234
ANEXOS	238
APÉNDICES	240
Apéndice 1. Registros de calidad mensual de cada ingeniero	240

Apéndice 2. Errores durante el primer trimestre del semestre 2 del 2019	244
Apéndice 3. Tipos de errores de cada cirujano	249
Apéndice 4. Errores por región	251
Apéndice 5. Cálculo de costos de los errores	254
Apéndice 6. Registros de toma de tiempos	257
Apéndice 7 Programación para el envío de correos	265
Apéndice 8. Errores durante el segundo trimestre del semestre 2 del 2019 .	272
Apéndice 9. Cálculo de costos de los errores al final del proyecto	273

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1</i> Logo de MicroPort Orthopedics	29
<i>Figura 2</i> Organigrama de MicroPort Orthopedics	30
<i>Figura 3</i> Evolución en las tecnologías	32
<i>Figura 4.</i> Gráfico de calidad promedio semestral por ingeniero.....	37
<i>Figura 5</i> Diagrama de Pareto.....	53
<i>Figura 6</i> SIPOC	54
<i>Figura 7</i> Diagrama causa-efecto.....	55
<i>Figura 8</i> Diagrama de flujo.....	57
<i>Figura 9</i> Histograma	57
<i>Figura 10.</i> Diagrama de Gantt	59
<i>Figura 11.</i> Calidad del primer semestre del 2019	84
<i>Figura 12.</i> Calidad del segundo semestre del 2019.....	85

<i>Figura 13.</i> Project Charter.....	92
<i>Figura 14.</i> Diagrama de Pareto sobre los grupos de errores con mayores incidencias	96
<i>Figura 15.</i> Histograma de la calidad semanal durante el tercer trimestre del 2019, semanas de la 27 a la 39	97
<i>Figura 16.</i> Diagrama de Ishikawa	99
<i>Figura 17.</i> Diagrama de flujo del proceso realizado en el departamento de ingeniería	109
<i>Figura 18.</i> Guías de corte del fémur	112
<i>Figura 19.</i> Guías de corte de la tibia	113
<i>Figura 20.</i> Cantidad de incidencias en el segundo semestre de 2019.....	114
<i>Figura 21.</i> Porcentaje de participación por país.....	119
<i>Figura 22.</i> Equipos de trabajo y sus países	120
<i>Figura 23.</i> Errores más comunes en cada equipo de trabajo	121
<i>Figura 24.</i> Errores más comunes por región en julio	122
<i>Figura 25.</i> Errores más comunes por región en agosto	123
<i>Figura 26.</i> Errores más comunes por región en setiembre	124
<i>Figura 27.</i> Errores del ingeniero 3	126
<i>Figura 28.</i> Errores del ingeniero 6	127
<i>Figura 29.</i> Errores del ingeniero 1	128
<i>Figura 30.</i> Errores del ingeniero 2	129
<i>Figura 31.</i> Errores del ingeniero 4	130
<i>Figura 32.</i> Errores del ingeniero 5	131

<i>Figura 33.</i> Errores del ingeniero 7	132
<i>Figura 34.</i> Errores del ingeniero 8	134
<i>Figura 35</i> Calidad promedio para cada ingeniero	135
<i>Figura 36.</i> Cantidad de errores por cirujano	137
<i>Figura 37.</i> Calidad nuevos ingenieros al principio del proceso	139
<i>Figura 38.</i> Gráfico de errores del ingeniero 9	147
<i>Figura 39.</i> Gráfico de errores del ingeniero 10	148
<i>Figura 40.</i> Nueva distribución de los equipos	152
<i>Figura 41.</i> Análisis de aptitudes para capacitación	153
<i>Figura 42.</i> Como se ve el reporte actual	165
<i>Figura 43.</i> Como se ve el reporte nuevo	166
<i>Figura 44.</i> Gantt para fase 1 de mejora	169
<i>Figura 45.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 1	170
<i>Figura 46.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 2	171
<i>Figura 47.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 3	172
<i>Figura 48.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 4	173
<i>Figura 49</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 5	174
<i>Figura 50.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 6	175
<i>Figura 51</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 7	176
<i>Figura 52.</i> Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 8	177
<i>Figura 53</i> Calidad mensual del ingeniero 1 a octubre 2019.....	178
<i>Figura 54.</i> Calidad mensual del ingeniero 2 a octubre 2019.....	179
<i>Figura 55.</i> Calidad mensual del ingeniero 3 a octubre 2019.....	180

<i>Figura 56.</i> Calidad mensual del ingeniero 4 a octubre 2019.....	181
<i>Figura 57.</i> Calidad mensual del ingeniero 5 a octubre 2019.....	182
<i>Figura 58.</i> Calidad mensual del ingeniero 6 a octubre 2019.....	183
<i>Figura 59.</i> Calidad mensual del ingeniero 7 a octubre 2019.....	184
<i>Figura 60.</i> Calidad mensual del ingeniero 8 a octubre 2019.....	185
<i>Figura 61.</i> Figura 41 Gantt para fase 1 de mejora	187
<i>Figura 62.</i> Gráfica de progreso de calidad semestral	188
<i>Figura 63.</i> Gráfico de representación de errores en el proceso.....	189
<i>Figura 64.</i> Gráfico de calidad posición en todo el equipo	190
<i>Figura 65.</i> Reporte de revisión parte 1	192
<i>Figura 66.</i> Reporte de revisión parte 2	193
<i>Figura 67</i> Reporte de buen trabajo	195
<i>Figura 68.</i> Reporte de error en los casos.....	196
<i>Figura 69.</i> Guía tipo proximal holes	197
<i>Figura 70.</i> Calidad final semestral del ingeniero 1	199
<i>Figura 71.</i> Calidad final semestral del ingeniero 2	200
<i>Figura 72.</i> Calidad final semestral del ingeniero 3	200
<i>Figura 73.</i> Calidad final semestral del ingeniero 4	201
<i>Figura 74.</i> Calidad final semestral del ingeniero 5	202
<i>Figura 75.</i> Calidad final semestral del ingeniero 6	203
<i>Figura 76</i> Calidad final semestral del ingeniero 7	204
<i>Figura 77</i> Calidad final semestral del ingeniero 8	204
<i>Figura 78.</i> Calidad final mensual del ingeniero 1	205

<i>Figura 79.</i> Calidad final mensual del ingeniero 2	206
<i>Figura 80.</i> Calidad final mensual del ingeniero 3	207
<i>Figura 81.</i> Calidad final mensual del ingeniero 3	208
<i>Figura 82.</i> Calidad final mensual del ingeniero 5	209
<i>Figura 83.</i> Calidad final mensual del ingeniero 6	210
<i>Figura 84.</i> Calidad final mensual del ingeniero 7	210
<i>Figura 85.</i> Calidad final mensual del ingeniero 8	211
<i>Figura 86.</i> Resultados de la calidad semestral	212
<i>Figura 87.</i> Errores más comunes de julio, agosto y setiembre	214
<i>Figura 88.</i> Errores más comunes de octubre, noviembre, diciembre.....	215
<i>Figura 89.</i> Mejora de la calidad del ingeniero 9	217
<i>Figura 90.</i> Mejora de la calidad del ingeniero 10	218
<i>Figura 91.</i> Metas de los ingenieros.....	238
<i>Figura 92.</i> Correo de felicitación por parte del supervisor y del gerente de operaciones.....	239

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Datos de la semana 38 2019	35
<i>Tabla 2</i> Datos del tercer trimestre 2019.....	36
<i>Tabla 3.</i> Desempeño de la compañía	86
<i>Tabla 4.</i> Indicadores individuales.....	87
<i>Tabla 5.</i> Ejemplo del reporte de calidad.....	88
<i>Tabla 6.</i> Indicador grupal	88

<i>Tabla 7.</i> Ejemplo de meta de bono	89
<i>Tabla 8.</i> Calidad de los últimos ingenieros contratados	90
<i>Tabla 9.</i> Ingenieros por equipo	125
<i>Tabla 10.</i> Cantidad de errores para cada tipo del ingeniero 7	133
<i>Tabla 11.</i> Salario base de ingeniería	140
<i>Tabla 12.</i> Costos en tiempo y dinero de errores	141
<i>Tabla 13.</i> Costo de horas extra para el departamento.....	142
<i>Tabla 14.</i> Cantidad de casos por tipo para toma de tiempos.....	143
<i>Tabla 15.</i> Análisis de tiempos de procesamiento de los casos (tiempo en horas)	144
<i>Tabla 16.</i> Recordatorios para realización de casos	163
<i>Tabla 17.</i> Mejoras que se pueden implementar en el proceso	189
<i>Tabla 18.</i> Porcentajes de mejora en cantidad de errores	216
<i>Tabla 19.</i> Costos de los errores antes de la mejora	219
<i>Tabla 20.</i> Costos de los errores después de la mejora.....	219
<i>Tabla 21.</i> Mejora total en los costos del departamento.....	220
<i>Tabla 22.</i> Costo del proyecto en tiempo y dinero.....	221
<i>Tabla 23.</i> Costo real para el departamento de ingeniería	221
<i>Tabla 24.</i> Costos de implementación.....	222
<i>Tabla 25.</i> Análisis beneficio costo.....	223
<i>Tabla 26.</i> Costo de inversión	223
<i>Tabla 27.</i> Costos de operación	224
<i>Tabla 28.</i> Ahorro anual	225
<i>Tabla 29.</i> Variables para indicadores financieros	225

<i>Tabla 30.</i> Período de recuperación.....	226
<i>Tabla 31.</i> Flujos de efectivo	226

INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1.</i> Definición del problema.....	73
<i>Cuadro 2</i> Análisis de datos de calidad de ingeniería	75
<i>Cuadro 3</i> Propuesta de mejora.....	77
<i>Cuadro 4.</i> Implementación de las mejoras.....	79
<i>Cuadro 5.</i> Verificación y control de las medidas implementadas.....	81
<i>Cuadro 6.</i> Grupos de errores del 2 al 34 del documento de revisión de guías	94
<i>Cuadro 7.</i> Grupos de errores del 46 al 93 del documento de revisión de guías	95
<i>Cuadro 8.</i> Análisis de desperdicios.....	106
<i>Cuadro 9.</i> SIPOC	110

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

DMAIC: D: Definición, M: Medición, A: Análisis, I: Improve (Mejora) y C: Control

SIPOC: Herramienta para identificar la interrelación y delimitación de los procesos, involucra proveedores, insumos, proceso, salidas y clientes.

PCMS: Programa utilizado para el manejo de los documentos de los casos.

GB: Casos de tipo Gap Balancing

CT: Tomografía axial computarizada

MRI: Resonancia magnética

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de graduación trata acerca de la implementación de una mejora que minimizara la cantidad de errores en el proceso realizado en el departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics costa rica, para el 3° cuatrimestre del año 2019.

A partir de la metodología DMAIC y los diferentes análisis realizados a través de todo el proyecto se logró determinar el principal problema en el que se debía trabajar además de su causa raíz y los diferentes factores que influían en los resultados deseados en el departamento. Al definir, medir, analizar, mejorar y controlar la problemática existente en el departamento, se logran determinar las diferentes soluciones que guiaron a un cambio en el departamento de ingeniería y mejoraron los resultados obtenidos en el proceso realizado.

Entre las soluciones propuestas para el departamento incluyen: Dividir a las personas por regiones, organizar la capacitación bajo un protocolo más estructurado, estandarizar el proceso de aprendizaje para el equipo en general, simplificación del reporte de incidencias, automatización de reportes y documentación de procedimientos.

Algunos de los resultados obtenidos fueron disminución significativa de los errores, además de que muchos de estos errores lograron mejorarse en casi un 100%, además, al comparar el costo de los errores al inicio y al final del período se observa un ahorro de aproximadamente 120.000 colones, lo cual para el departamento resulta favorable incluyendo la cantidad de casos que pueden ser procesados al disminuir estas incidencias.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto se realizará en la empresa MicroPort Orthopedics en Costa Rica, donde se utilizará la calidad como línea de investigación, ya que se analizarán las variables que están influyendo en la calidad del departamento y el impacto que esto genera en el proceso y la eficiencia de cada uno de los ingenieros.

Durante mucho tiempo se han enviado reportes de calidad a cada uno de los ingenieros para que así vean cuáles son los errores más comunes dentro de su proceso, sin embargo, nunca se ha realizado un análisis real de la situación de la calidad del departamento, antes no parecía ser un problema, hasta que se integraban nuevos ingenieros.

Se creía que era normal que las métricas bajaran debido al ingreso de los mismos, pero a partir de un análisis realizado a inicios del 2019, se comprobó que esto no tenía mucho que ver con el problema. Además, que durante los primeros 3 meses del segundo semestre del 2019 comenzó a verse un descenso en la calidad de al menos el 72% de los ingenieros, así que aprovechando la base de datos existente se decidió proceder a darle un enfoque más profundo al análisis de las causas probables del problema en cuestión.

Los constantes reportes de calidad enviados al departamento de ingeniería reportando datos más bajos del 83% establecido por la empresa, motivaron a que se planteara la realización de un análisis más extenso y a profundidad de los factores que puedan influir en que los ingenieros puedan estar fallando en su calidad. Analizar además las diferentes medidas que puedan tomarse en el proceso para que al final de año durante los últimos 3 meses, la calidad de todo el departamento pueda aumentar

para así lograr que todos juntos logren subir el valor total de la calidad para el departamento de ingeniería.

La importancia de esa calificación de desempeño radica en que así, se puede mostrar la capacidad de todo el equipo trabajando por la mejor calidad en el proceso completo, así como el hecho de que un ingeniero obteniendo un 100% en la calificación del desempeño anual, logra un 3% más de aumento para el siguiente año sobre su salario, por lo que muchos ingenieros buscan mejorar, pero, para alcanzar ese 3% influyen además otras métricas que forman parte del departamento, como la productividad, la eficiencia, la utilización, etc.

Esta investigación se centra en el área de calidad debido a que un 20% de las métricas para la evaluación de desempeño se basan en esto debido a políticas impuestas por la empresa, siendo respectivamente un 10% el que está enfocado precisamente a la calidad y el otro 10% a la eficiencia, la cual se ve afectada directamente por la calidad y los re procesos, además desde otro punto de vista, la variación en la calidad entre ingenieros es muy grande yendo desde el ingeniero que tiene 95% en calidad durante todas las semanas, hasta el que no logra subir de un 60% realizando exactamente el mismo trabajo.

La influencia en el tipo de tecnología que se realice, el tipo de guías que se elaboren, los doctores, las regiones, incluso factores psicológicos puede estar afectando el proceso y por eso se desea analizar cada uno de ellos.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.2.1. Descripción general de la empresa

La empresa MicroPort se fundó en 1998 en una pequeña oficina en China, basados en que los avances tecnológicos que ha tenido el mundo podrían transformar la vida de las personas alrededor del mundo, por lo que MicroPort se ha dedicado a cumplir su misión de prolongar y mejorar las vidas de los pacientes.

En Costa Rica 5 personas estudiantes de la Universidad de Costa Rica, fueron contactados por MicroPort desde Arlington, para la investigación de un proceso que ayudara a agilizar las cirugías para los pacientes que requerían implantes de rodilla, a partir de eso se comenzaron a crear diversos prototipos y se investigó de la mano con médicos ortopedistas para llegar a crear las que hoy son las guías de corte para los implantes bajo el planeamiento preoperativo que esto conlleva.

En la sede de ZJ Hi-Tech Park, Shanghai, MicroPort® ha establecido una huella global de Investigación y Desarrollo (I + D) e instalaciones de fabricación, incluidas las ubicaciones en los Estados Unidos (Memphis, TN), Francia (Clamart), Italia, (Saluggia), República Dominicana (Santo Domingo) y varias ciudades de China, con una fuerza laboral global diversa que supera los 6,000 empleados, siendo actualmente en Costa Rica aproximadamente 55 empleados.

En MicroPort®, la innovación está presente en todo lo que se realiza, no sólo en los tratamientos y servicios que se desarrollan, sino también en la forma en que se fomenta la innovación. MicroPort® es un consorcio de filiales que colaboran estrechamente, comparten recursos y experiencia, pero conservan la independencia y

la agilidad para innovar. Actualmente, MicroPort® se enfoca en cubrir 10 áreas principales con varias subsidiarias y más de 300 dispositivos y tecnologías.

Gracias a más de 300 dispositivos MicroPort® aprobados actualmente para su uso en casi 10,000 hospitales en todo el mundo, uno de los dispositivos fabricados se usa cada ocho segundos. Existe un esfuerzo constante por ayudar a crear un mundo mejor a través de tecnologías habilitadoras para apoyar el bienestar de los pacientes.



Figura 1 Logo de MicroPort Orthopedics

Fuente: MicroPort Orthopedics

Visión

Orientado a las personas

Creación de un consorcio de empresas centradas en las personas enfocadas en tecnologías médicas emergentes.

Misión

Innovación, continua.

Proporcionar acceso a los mejores medios para prolongar y remodelar vidas.

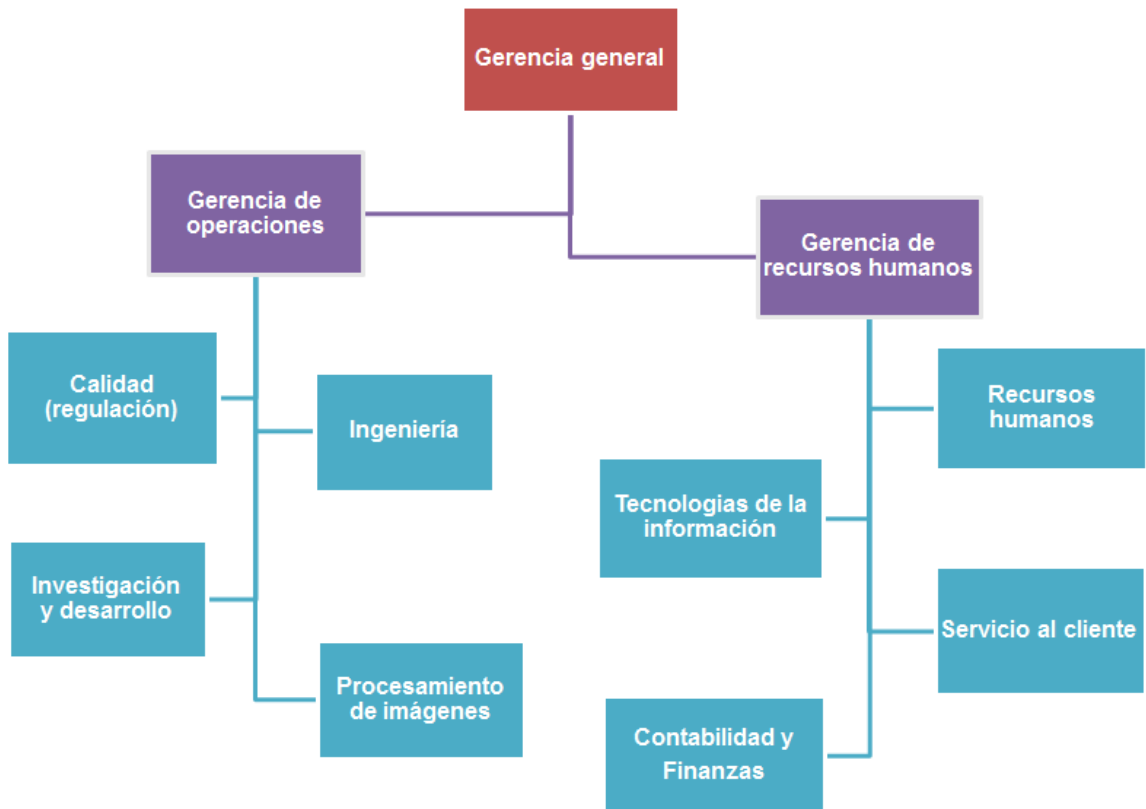


Figura 2 Organigrama de MicroPort Orthopedics

Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Desde el inicio, MicroPort® siempre se ha esforzado por crear una cultura orientada a las personas, innovar sin descanso, para que los pacientes de todos los rincones del mundo puedan disfrutar de una vida más larga y saludable.

La empresa fue fundada en mayo 15 de 1998, en un centro de incubación en Shanghai, China, luego de mucha investigación para la incorporación al mercado, MicroPort logra la aprobación de su catéter con balón de dilatación por parte de la FDA en 1999, y así es como logran su primera venta.

Para los próximos años la empresa continúa innovando en productos como los stents, los catéteres, etc. Además, en el año 2001 la empresa se muda a sus propias instalaciones y reciben el honor de empresa de alta tecnología y sus negocios comienzan a ser cada vez más rentables.

En el año 2005 sus ventas exceden los 100 millones RMB (moneda china) gracias a la innovación en el campo de los stent, creando un nuevo producto que consiste en un stent bifurcado, este producto fue llamado el producto clave nacional.

Durante el año 2008, la empresa se adentra en los productos utilizados para el tratamiento de la diabetes, diversificando así aún más su mercado actual. Para el año 2010 las ganancias anuales de MicroPort Scientific excedían los 100 millones de dólares.

Se sabe que en el año 2012 cada 30 segundos un producto de MicroPort era implantado en un paciente a nivel global.

En el año 2013 se establece la empresa MicroPort Orthopedics en Arlington, implementando así una estrategia de globalización, además de expandir su cartera de productos al área de ortopedia. Durante el 2014 se calculó que las ventas excedían los 2 millones de RMB al año.

En el 2015 la tecnología EVOLUTION medial-pivot, recibe la aceptación de la FDA.

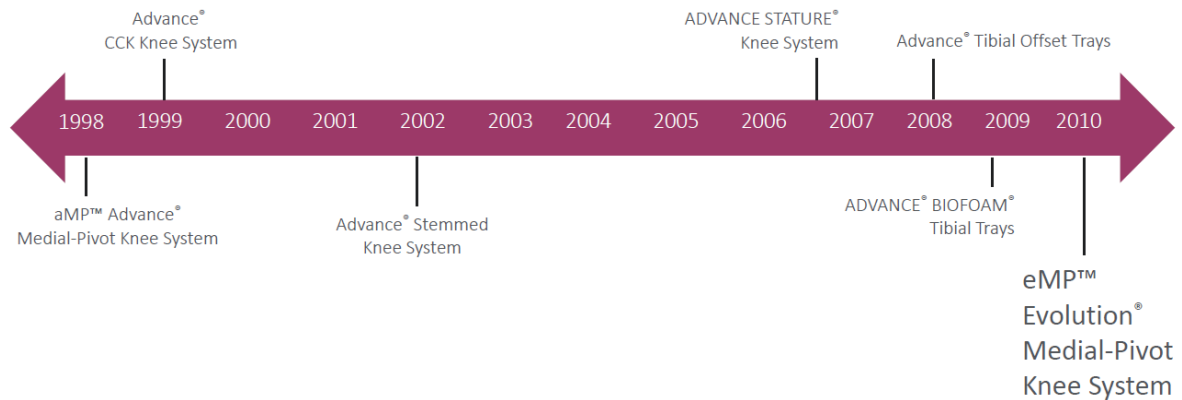


Figura 3 Evolución en las tecnologías

Fuente: MicroPort Orthopedics

En Costa Rica, año 2010 se comienza a trabajar con la empresa Wright medical quienes eran los dueños de los implantes de rodilla con las tecnologías ADVANCE y EVOLUTION, en la creación de guías de corte que ayudaran a que las cirugías fueran menos invasivas y la recuperación del paciente fuera más rápida, en el año 2014, MicroPort adquiere las patentes de estos productos, así el área de ortopedia para rodilla se establece en la empresa, esto debido a que MicroPort ya trabajaba con el área de cadera.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Definición del problema

Este proyecto tiene su enfoque en el departamento de ingeniería, debido a que han existido pérdidas de tiempos por re trabajos y envíos de reportes de calidad de forma semanal a cada uno de los ingenieros. La generación de los reportes y el envío a cada uno de los 10 ingenieros que se encuentran actualmente en el departamento, toma aproximadamente 45 minutos, si se analiza cual es el impacto que esto tiene, es, que la realización de un caso (crear las guías del fémur y la tibia para la colocación del

implante para el paciente) es de 1 hora con 50 minutos (tiempo establecido por la empresa), así que se está desaprovechando el tiempo de aproximadamente medio caso con el envío de los reportes, esto siendo sólo para la persona que realiza el proceso de calidad del departamento.

Para los demás ingenieros (incluida la encargada de calidad que también procesa los casos), de acuerdo con la hoja de revisión de los casos, al menos un 42.3% de los 97 tipos de errores que podrían presentarse, deben ser devueltos al ingeniero si éstos son cometidos, esto para la realización del debido reproceso, por lo que un fallo en el proceso puede ser crucial en casos incluso con un nivel de emergencia mayor. Cada reproceso toma aproximadamente desde 15 minutos hasta media hora, esto dependiendo del tipo de error que se cometa.

Durante el reproceso de un caso, se ven involucrados muchos pasos de un proceso. Cuando un ingeniero debe devolver el caso al ingeniero encargado del procesamiento anterior, la pérdida de tiempo es elevada para cambiar lo que deba ser cambiado, además, que al enviarlo nuevamente a su revisor, este deberá invertir tiempo para revisar nuevamente el caso, lo que, dependiendo de la gravedad del error, hará que tenga que hacer la revisión completa de nuevo.

La empresa se encuentra en una expansión muy acelerada, ya que muchas de las operaciones de Estados Unidos han pasado a formar parte de la sede en Costa Rica por lo que se están contratando nuevos ingenieros. Así que el envío de reportes a cada uno de ellos será aún más lento.

Además, los reportes de calidad se envían una sola vez a la semana, lo que significa que las personas no pueden ver sus errores hasta ese momento, ya que los

casos que realiza un ingeniero son revisados por los demás ingenieros, al no poder ver los errores, no saben lo que deben mejorar y cuando lo saben ya es tarde, porque el índice de calidad ya se calculó.

Este porcentaje de calidad que se le envía a cada uno de los ingenieros tiene su importancia en la evaluación del desempeño anual, donde la calificación de cada uno forma parte de un total de metas impuestas en la empresa durante el planeamiento estratégico de ese año. La meta de calidad para cada ingeniero, así como para el departamento completo para el año 2019 es de un 83%, de la cual solamente el 50% del departamento lo está logrando, mientras que el departamento en conjunto está llegando a un 81.5% a la fecha de setiembre 2019.

En estos reportes se observa que la calidad del departamento completo baja cuando nuevos ingenieros se integran al equipo aún después de haber pasado sus 3 meses de prueba y entrenamiento, aunque se sabe que por ser nuevos en el proceso se busca alguna mejora que ayude a que su curva de aprendizaje sea menor y los errores en los reportes disminuyan tanto para los ingenieros con más tiempo en la empresa, como para los que recién se integran al equipo.

Esto además, al inicio del proceso, hace que la calidad de los demás ingenieros baje debido a que los nuevos ingenieros no pueden realizar revisiones hasta después de haber completado 100 casos, por lo que se mantienen haciendo únicamente casos sin revisiones y los demás deben revisar tanto los que procesan los nuevos ingenieros, como los pocos que pueden procesar los más antiguos, se dice "pocos" porque se mantienen haciendo revisiones constantes, ya que un ingeniero en promedio debe terminar al menos 10 casos semanales, y los nuevos al no hacer revisiones pueden

rondar los 15 ó 20 casos, la calidad de los más antiguos baja debido a esto, mientras menos casos hagan, más impacto tiene un solo error cometido en el proceso.

Se considera una oportunidad de mejora al investigar y minimizar la cantidad de errores reportados, para así aumentar la calidad de todo el departamento y disminuir la cantidad de re procesos que se realizan, este problema es considerado así tanto por los ingenieros que deben realizar las revisiones de los casos, como por el supervisor, quien es la persona encargada del análisis de las métricas de calidad de todo el departamento, además de enviar los reportes a los directivos de la empresa. Además, analizándolo de forma externa hacia los clientes finales, los doctores y los pacientes se verían beneficiados al disminuir los re procesos por fallos en el envío del reporte final.

Algunos indicadores que respaldan la información brindada anteriormente serían los siguientes:

VS	PROPHECY
CASES	63
SUM	11.25
RTY SM	83.65%
	★ ★ ★

Tabla 1 Datos de la semana 38 2019

Fuente: Elaboración propia

Esta imagen representa los datos de la calidad semanal (semana 38, la cual va del 16 al 20 de setiembre) de todo el departamento, siendo actualmente 8 ingenieros involucrados en el proceso. Si bien la calidad se encuentra por encima del mínimo establecido, este valor indica que se está trabajando bajo un margen muy cercano al

valor mínimo por lo que cualquier variación en las métricas podría afectar a todo el departamento.

VS	PROPHECY
CASES	734
SUM	149.75
RTY SM	81.54%
	★ ★

Tabla 2 Datos del tercer trimestre 2019

Fuente: Elaboración propia

Mientras que esta segunda imagen muestra los datos de calidad del departamento durante todo el tercer trimestre del 2019. Se observa que esta se encuentra por debajo del mínimo establecido y al analizar la calidad de cada ingeniero por aparte, se determinan los siguientes datos para el segundo semestre del 2019 (julio, agosto, setiembre).

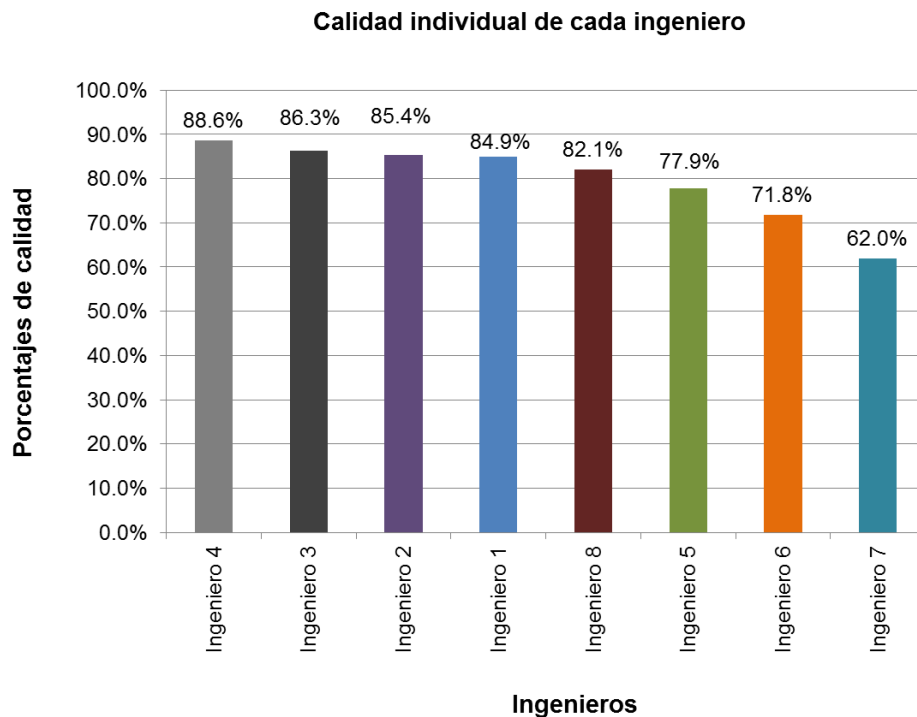


Figura 4. Gráfico de calidad promedio semestral por ingeniero

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Justificación

Este proyecto servirá para que la empresa pueda analizar más a fondo al departamento de ingeniería, la funcionalidad, calidad del mismo y el manejo interno de la gestión de la calidad en los procesos, demostrar que no es un proceso sencillo de controlar y que la implementación de una cultura departamental orientada a buenos resultados ligados con una mentalidad atenta a los detalles lograrán que el departamento sea reconocido por su excelencia.

Se espera que las mejoras realizadas en el área de calidad del departamento, puedan influir y adaptarse a las diferentes áreas de la empresa adoptando un proceso donde el enfoque en el cliente que la empresa quiere tener como misión, se vea

reflejado no solamente en los clientes externos, como lo son los pacientes o los doctores, sino también los clientes internos que son quienes evalúan el trabajo de cada uno de los que están involucrados en el proceso y quienes representan el trabajo de todo el equipo.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo general

Mejorar el sistema de calidad del departamento de ingeniería a través de herramientas de mejora continua como Lean Manufacturing, para la disminución de la cantidad de re procesos y errores reportados, logrando el aumento de la calidad total del departamento.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar la situación actual y las variables que influyen en la incidencia de errores por parte de los ingenieros del departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019.
- Analizar cuáles son los factores que hacen que la calidad de algunos ingenieros se mantenga en un nivel más alto a través del tiempo para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019.
- Desarrollar las propuestas de mejora respectivas que se implementarán en el departamento a partir de la utilización de diferentes herramientas de ingeniería industrial, que demuestren ser sostenibles a través del tiempo para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019.

- Determinar cuáles serán los beneficios económicos con la implementación de la propuesta para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019.
- Evaluar cuál será la mejor herramienta por utilizar para el seguimiento y control de las propuestas implementadas para el departamento de ingeniería de MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcances

La implementación de las mejoras en el área de calidad abarca el departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics, que ha logrado procesar en promedio 25000 casos desde su apertura en el año 2014, al reducir los errores en el proceso realizado en el departamento de ingeniería, se beneficiarán los clientes internos del proceso, los altos mandos, además de los doctores y pacientes alrededor del mundo que forman parte del proceso.

1.5.2. Limitaciones

Debido a motivos de confidencialidad, el acceso a datos de diseño y realización de cada uno de los procedimientos no podrá ser descrito ampliamente, además la utilización de nombres genéricos será recurrente para mantener de forma confidencial la información de los ingenieros implicados en la realización del análisis en la calidad de cada uno de ellos, así como los datos de los doctores que serán analizados durante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1. Globalización

En el mundo actual las empresas se han ido incorporando al modelo de globalización que impulsa el conocimiento y la investigación por parte de los departamentos que las integran. Se define la globalización "...como un proceso de interconexión financiera, económica, social, política y cultural que se acelera por el abaratamiento de los transportes y la incorporación de las tecnologías de la información y de la comunicación" (Gutiérrez, 2014, p. 2). Por lo que la innovación necesaria en las empresas es cada vez mayor, al insertarse en mercados tan cambiantes, lo cual les exige una mayor calidad y eficiencia en el trabajo que se realice.

Debido a esto las empresas deben enfocarse no sólo en sus productos finales sino en lo que hay detrás de cada uno de ellos, la cadena de valor que involucra todo el proceso, en este caso utilizando la centralización en el recurso humano y los procesos que realiza.

2.1.2. Recurso humano

Dentro de toda empresa el recurso humano tiende a estar directamente ligado al producto final que cualquier compañía realice, por lo que contar con el personal capacitado en las tareas que realice es de suma importancia para mantener el estándar de calidad que la empresa desea manejar. El departamento de recursos humanos tiene la responsabilidad de contratar personal que cuente con las habilidades y experiencias que le ayuden a tener un mejor desenvolvimiento en el puesto de trabajo que le sea asignado, para de esta forma asegurarse la calidad del personal contratado. "Es claro

que varias de esas habilidades son resultado del desarrollo de la persona, tanto en su entorno social como en el escolar, y todas están soportadas por lo que se conoce como personalidad” (Gutiérrez, 2014, p. 2).

Parte de la importancia de estas actitudes y habilidades con las que cuentan las personas contratadas es que las mismas logren reconocer de forma plena sus errores y actuar conforme a ellos para mejorar en el proceso para el que fue contratado, buscar una mejora continua que contribuya el crecimiento mutuo del departamento y de la institución como tal.

Como lo señala Covey (2009), el primer hábito de una persona eficaz es el de la pro-actividad; es decir, ser libre para escoger la respuesta a los estímulos del medio ambiente (Gutiérrez, 2014, p. 5). Lo cual indica que estos estímulos tienden a venir de diferentes fuentes y con diferentes características, puede ser tanto positivos como negativos por lo que la capacidad de cada uno para enfrentarlos de la mejor manera es lo que logrará definir la personalidad de cada uno dentro del departamento.

2.1.3. La calidad y su historia

La calidad no es un término nuevo para ningún tipo de elemento que se esté analizando y que requiera de la aprobación de un cliente específico. Este concepto además de ser utilizado en casi todos los aspectos de la vida diaria se remonta a la época donde los artesanos ya tenían noción sobre la importancia del valor que el cliente le daba a su producto y de las preferencias de cada uno que hacían de su artículo un objeto diferenciado de los demás artesanos de la época, tal y como lo mencionan Val y Valtueña (2007):

Pero remontándonos aún más en el tiempo, se podría decir que la calidad empezó con el modelo de producción artesanal. En él, era el propio artesano quien seleccionaba el material, hacía el trabajo y controlaba la calidad de su producto. Cuando en los inicios del período industrial comenzaron a realizarse inspecciones de los productos fabricados, se solía hacer una comprobación al cien por cien, tanto de las materias primas (puesto que normalmente no se ajustaban a las especificaciones) como de los productos fabricados, para garantizar así un producto correcto (p. 11).

Para la época actual, la calidad de un producto ya no es algo únicamente subjetivo, sino que existen normas que regulan la calidad en todo el mundo, además de que las empresas están sujetas a cumplir este tipo de normas si su objetivo es otorgar productos con un valor y especificaciones adecuadas a los clientes finales de su cadena de valor, y no solamente para ellos, sino para los clientes que estén involucrados dentro de todo el proceso, lo que se llama comúnmente como clientes internos.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.2.1. Calidad

Para la gran mayoría de las empresas a nivel global la calidad es un tema importante en cada una de las áreas en las que se desarrolle, esto debido a que la satisfacción del cliente final siempre será su mayor objetivo, y no solamente eso, sino

que también la satisfacción del cliente interno será una de las herramientas que permitan medir si el producto durante el proceso en el que se desarrolle, va cumpliendo con las medidas impuestas dentro del protocolo establecido por la empresa, el cual en la mayoría de los casos fue impuesto por el cliente final.

Calidad, pues, no significa que todo está «perfecto» sino que se adecúa a los niveles prefijados como aceptables por los potenciales clientes o usuarios (Val, Valtueña, 2007, p. 10).

Por lo que las empresas siguen sus propios estándares de calidad que son revisados en cada parte del proceso, asegurándose de evitar al máximo posible la filtración de productos incompletos, o con errores que les vayan a generar alguna clase de desperdicio.

2.2.2. Sistema de calidad

Para una empresa implantar un sistema de calidad que funcione de la mejor manera posible deberá pasar por varias fases en donde, se tomen en cuenta los objetivos de la misma, los cuales fueron establecidos por los altos directivos como la estrategia a seguir durante un tiempo determinado, ya sean objetivos a largo mediano o corto plazo, esto para poder comenzar a fijar un rumbo y saber dónde se centrará la atención del sistema de calidad que desean implantar, ya que aunque toda la empresa deba estar involucrada dentro de todo este proceso, cada empresa ofrecerá productos o servicios diferentes dependiendo de sus departamentos, que pueden ir desde las áreas administrativas hasta las de producción (Val, Valtueña, 2007) afirman:

Los sistemas de calidad son diferentes en cada empresa, y aún dentro de la misma, el sistema de calidad empleado está sometido a continuos cambios para adaptarse a las necesidades de cada momento. Es decir, no existe un sistema maravilloso que pueda usarse en todas las organizaciones, sino que cada organización debe buscar el sistema que mejor se le adapte (p. 27).

Los empleados de la empresa deberán tener claro el rumbo de la organización para actuar de acuerdo a las necesidades de las mismas, de otra manera el personal no sabrá cómo responder a las demandas de sus líderes, ya que para poder tener un sistema de calidad que funcione, se debe contar con el apoyo de cada uno de los involucrados en el proceso.

2.2.3. Gestión de la calidad

“El enfoque técnico de la calidad, bien plasmado en el control estadístico de procesos, parte de un concepto de la Gestión de la Calidad como una colección de métodos, utilizables puntual y aisladamente para el control de la calidad de productos y procesos” (Camisón, Cruz y González, 2006, p. 51).

Según se menciona en ISO 9001 calidad. (2013) “La “Gestión de la Calidad” es el conjunto de acciones, planificadas y sistemáticas, que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio va a satisfacer los requisitos dados sobre la calidad”.

Por lo que en los textos citados anteriormente se entiende la gestión de la calidad como una estrategia que une los esfuerzos de la organización y los objetivos de la misma para mejorar la calidad utilizando todos los recursos con los que cuenta, incluyendo el recurso humano, los materiales, la información y demás recursos que

ayuden a que el cumplimiento de la calidad se vea reflejado en sus productos para así lograr la satisfacción del cliente.

2.2.4. Calidad en los procesos

Todos los procesos de una industria tendrán pautas de calidad que deban cumplir. El cumplimiento o no de estas pautas es lo que marcará el correcto desarrollo de una empresa y determinará así que tan competitiva es para el mercado y su agilidad para innovar en los diferentes productos y tecnologías que surjan con el tiempo.

“Un punto de partida básico es saber que los elementos significativos para la satisfacción del cliente, y con ello para la competitividad de una empresa, están determinados por la calidad y los atributos del producto, el precio y la calidad del servicio (que incluye el tiempo de entrega de los productos o servicios)...” (Gutiérrez, 2014, p. 5).

La calidad en cada uno de los procesos involucrados en el producto final será siempre lo que marque la confianza del cliente en la compañía, lo que brindará la satisfacción necesaria para el crecimiento de esta y su reconocimiento en el mercado. Gutiérrez (2014) afirma:

A los encargados de la inspección, que recuperan los retrasos y atienden reclamaciones y servicios de garantía, hay que pagarles y, además, usan máquinas, espacios, energía eléctrica y requieren personas que los coordinen. Así, la mala calidad no sólo trae como consecuencia clientes insatisfechos, sino también mayores costos y, por lo tanto, no se puede competir en calidad ni en

precio, mucho menos en tiempos de entrega, ya que un proceso con mal funcionamiento es errático e inestable, y no se puede predecir (p.17).

Por lo tanto, los costos para una empresa que estén ligados a los re procesos y a los desperdicios pueden llegar a tener un gran impacto en su rentabilidad, ya que la competencia dentro del mercado será más difícil de manejar si no se atienden correctamente los puntos clave de la producción donde estén ocurriendo los fallos más significativos y representativos monetariamente para la compañía.

2.2.5. ¿Cómo se calcula la calidad en el departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics?

Las métricas de calidad de ingeniería se establecieron tomando como base la métrica de Seis Sigma para atributos (DPMO), el valor de la calidad de cada ingeniero se calculan utilizando el DPU. Según se dice en Gutiérrez (2013):

En este contexto surge el índice DPU (defectos por unidad), el cual es una métrica que determina el nivel de no calidad de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene con el siguiente cociente:

$$DPU = \frac{d}{U}$$

A partir de esto se calcula el rendimiento Y del proceso, esto es lo que da el valor de la calidad que obtendrá cada ingeniero durante las semanas y al mismo tiempo dará el valor de la calidad semestral y anual del departamento.

El rendimiento puede verse como la probabilidad de que todos los ensambles caigan dentro de tolerancias o especificaciones. Ésta se calcula con la distribución de Poisson y equivale a la probabilidad de cero fallas, es decir:

$$Y = P(x = 0) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = e^{-\lambda} = e^{-\text{DPU}}$$

Donde λ es el número promedio de defectos, que es justo lo que estima DPU” (p.111).

2.2.6. Calidad y reconocimiento

La calidad dentro de un equipo de trabajo de un departamento determinado en una empresa, será determinado por los integrantes que lo conforman, por lo que la relación que tengan ellos con la cultura de calidad dentro de la organización y el reconocimiento de sus tareas es clave para mantener al personal motivado en su propia calidad y aumentar así la satisfacción dentro del mismo equipo y ofrecer productos que conformen una mejor calidad final que será percibida por los clientes, ya sean internos o externos. Tal y como se afirma en Cantú (2001):

Es importante que los miembros del equipo sientan que la administración los trata con justicia y en forma imparcial. Esto no significa que todos deben recibir un trato idéntico y que las evaluaciones de desempeño tengan que ser iguales: las diferencias no deben surgir de modo arbitrario, sino ser producto de reglas bien claras y conocidas por todos. Se recomienda recompensar todo intento individual por adquirir nuevas habilidades personales que contribuyan al éxito del grupo (p.85).

Siempre se ha sabido que para mantener la motivación en el equipo de trabajo es necesario el reforzamiento positivo, así como también saber reconocer las áreas en las que se puede ir mejorando, aquí es donde se ve más marcado el reforzamiento positivo si las mejoras van mostrándose a través del tiempo y logran mantenerse de la misma manera.

2.2.7. Evaluación del desempeño

En una empresa es de gran importancia poder medir los resultados que se obtienen de un proceso, medir la competitividad del producto y del proceso es parte de todo lo que engloba la planeación estratégica inicial en cualquier compañía.

Pero no es solamente medir por medir, deben existir estándares donde estas medidas brinden datos representativos que ayuden a reconocer la situación de la empresa, tener claras las prioridades en las que estos datos deben fijarse para así reconocer en que se debe trabajar para mejorar.

La idea de todo esto es poder plasmar los objetivos de la empresa en un rumbo a tomar para el correcto desarrollo de esta.

La competitividad de una organización tiene que ver con la calidad del producto, el precio y la calidad en el servicio, pero más allá de esto, está la idea de cómo medir la salud o el desempeño de una organización. En efecto, un aspecto fundamental en una organización es decidir qué y cómo se va a medir su salud o desempeño, ya que la elección de lo que un negocio o un área mide y analiza, comunica valor,

encauza el pensamiento de los empleados y fija las prioridades. Las medidas son un medio sistemático para convertir las ideas en acción (Gutiérrez, 2014, p. 23).

Por lo tanto, el que una empresa decida tener evaluaciones del desempeño para sus empleados no es algo fuera de lo común, ya que los mismos deben mostrarse capacitados para la realización correcta de los procedimientos para los que fueron contratados además de que dentro de las empresas también buscan la implementación de mejoras que ayuden a optimizar los procesos haciéndolos más eficaces, por lo que recurrir a medidas de evaluación del desempeño también contribuye a reconocer los puntos clave de mejora que puedan ser aplicados dentro del proceso.

“Desde el principio de su existencia, la peculiaridad que diferencia a los seres humanos de los otros seres vivos es su capacidad de observar, medir, analizar y utilizar la información para generar el cambio” (Gutiérrez, 2014, p. 23).

Una empresa además no debe fijarse únicamente en los números dados por estadísticas y demás datos numéricos que se encuentren dentro del proceso, la satisfacción de los empleados con su ambiente laboral también es primordial para el correcto desarrollo de las funciones de un departamento, ya que aún existe la actividad humana dentro de los procesos, tomar el recurso humano como un factor que puede afectar el desempeño de un departamento, debe analizarse desde puntos de vista que tienden a ser más subjetivos, pero no hace que carezcan de importancia vital para el desarrollo de cada una de las actividades. Así como, Gutiérrez (2014) afirma:

El éxito de una organización se debe procurar desde la selección y el seguimiento de los proveedores (que es la primera parte del proceso de la empresa), pasando

por el bienestar y crecimiento de los empleados (ningún éxito duradero se puede fincar en estos tiempos con trabajadores insatisfechos, atemorizados y que no están creciendo como personas), hasta llegar a la calidad de los resultados operacionales (evaluaciones de calidad, productividad, etc.) (p. 24).

2.2.8. Medición de resultados y trabajo en equipo

Para poder tener evaluaciones de desempeño que sean eficaces para un departamento, debe existir la coordinación y el adecuado manejo del equipo de trabajo.

El empleado debe recibir información oportuna de las tareas que realiza, de los fallos que pueda cometer en el proceso y de las pautas que deberá seguir para mejorar y hacer de su trabajo algo de calidad. Por lo tanto, dentro del departamento, el líder del equipo, así como los integrantes del mismo, deben mantener una actitud de mejora continua que puedan reflejar cuando deban dar algún tipo de retroalimentación hacia alguno de los miembros. Lograr reconocer que la forma en que se manejan los problemas que un equipo debe enfrentar, es lo que marcará cual será la actitud de los demás compañeros hacia el trabajo que realiza. Según se dice en Cantú (2011):

La retroalimentación es la información que se comunica a un individuo o grupo sobre su desempeño. Un sistema de retroalimentación proporciona a un equipo información periódica al respecto, la cual debe ser oportuna, específica y fluir con la mayor frecuencia posible. Las variables de desempeño sobre las cuales se basa la retroalimentación deben ser medibles y lo más relacionadas posible con el logro de las metas del equipo. La retroalimentación debe darse con una actitud positiva y

constructiva que ayude a los miembros a saber cómo se desempeñan, y se les ha de estimular a seguir con ímpetu en el logro de sus objetivos (p. 89).

Existen metodologías que ayudan a que este tipo de investigaciones y proyectos de mejora dentro de un departamento sean más fáciles de analizar y se puedan atacar los problemas reales que estén influyendo en el no cumplimiento de los estándares impuestos por la organización, tal y como lo son las metodologías DMAIC, PDCA, entre algunas otras metodologías que las mismas empresas pueden llegar a tropicalizar para aprovechar al máximo los recursos disponibles.

2.2.9. Metodología DMAIC

La definición de DMAIC, según sus siglas en inglés, que traducidas serían, D: define = definir, M: measure = medir, A: analyse = analizar, I: improve = mejorar y C: Control = controlar, se trata de los pasos que se deben seguir para el desarrollo de un proyecto de Seis Sigma, una metodología que abarca todos los aspectos necesarios para la realización de un proyecto eficiente y robusto de Seis Sigma (Gutiérrez, 2013). Estas 5 etapas para la realización de un proyecto de Seis Sigma tienen sus propias características que ayudan a ir entendiendo cada uno de los pasos esenciales para la correcta aplicación de un proyecto de calidad en cualquier ámbito en el que sea necesario.

2.2.10. Definir

La primera etapa sería definir, la cual tiene su aplicación en los proyectos debido a que esta etapa consiste en definir el problema sobre el que se desea trabajar, "Definir problemas y métricas, señalar cómo afecta al cliente y precisar los beneficios esperados del proyecto, los propietarios, el equipo" (Gutiérrez, 2013, p. 403).

Algunas de las herramientas comúnmente utilizadas para esta etapa serían:

2.2.10.1. Project Charter

Desarrollar el acta de constitución del proyecto o Project Charter es el proceso que consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase y en documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados.

2.2.10.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80 % de los problemas son originados por un 20 % de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales (Camisón, Cruz y González, 2006, p.1235).

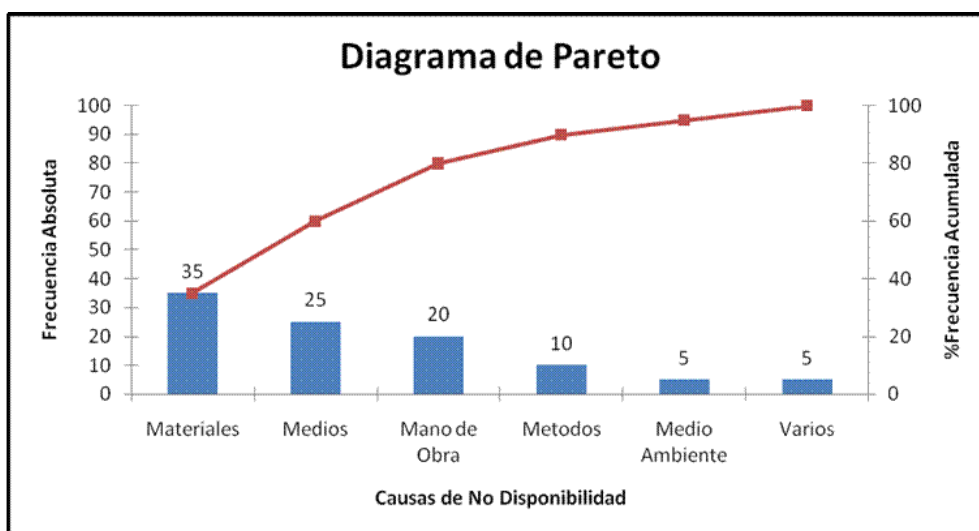


Figura 5 Diagrama de Pareto

Fuente: (Val & Valtueña), (2007).

2.2.10.3. SIPOC

El diagrama SIPOC es un sistema de ordenamiento o herramienta en formato tabular que permite la caracterización o asignación lógica de una serie de procesos. En ella se involucran una serie de parámetros elementales como lo son un proveedor, una entrada, un proceso o una serie de procedimientos con una salida y un resultado final, que represente en forma de producto y satisfaga a un cliente (Pacheco, 2019).

También permite un mayor conocimiento o entendimiento de la manera en que se trabaja y se efectúan los procedimientos, dando una descripción asertiva de lo que se hace, impidiendo así también la aparición de posibles errores o fallas durante los procesos, siguiendo una serie de normas establecidas para mejorar la gestión en calidad.



Figura 6 SIPOC

Fuente: Pacheco (2019).

2.2.10.4. Ishikawa o diagrama de espina

El diagrama de espina se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios para alcanzar un determinado objetivo (efecto). También se lo denomina diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa (Camisón, Cruz y González, 2006, p.1239).

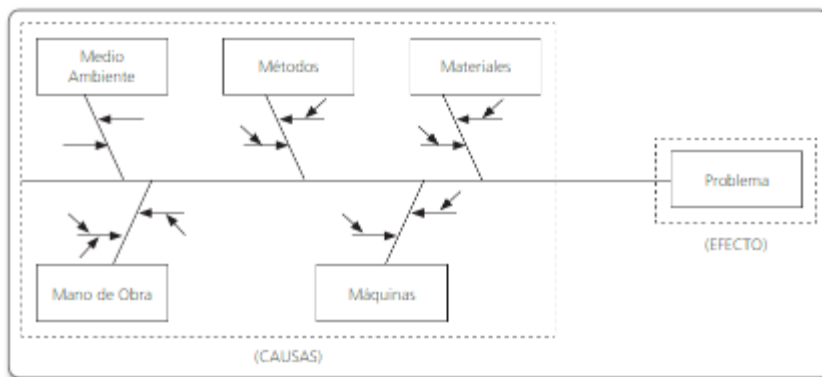


Figura 7 Diagrama causa-efecto

Fuente: (DAlessio) (2012).

2.2.10.5. Los 7 desperdicios

Los desperdicios dentro de un proceso productivo son todos aquellos costos o actividades que no le agregan valor al producto final, entre ellos se encuentran:

Sobreproducción: Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente.

Esperas: Tiempo desperdiciado (de máquinas o personas), debido a que durante ese tiempo no hubo actividades que le agregaran valor al producto.

Transporte: Innecesario movimiento de materiales y gente.

Sobre procesamiento: Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor.

Inventarios: Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente

Movimientos: Movimiento innecesario de gente y materiales dentro de un proceso

Re trabajo: Repetición o corrección de un proceso (Gutiérrez, 2013, p. 416).

2.2.11. Medir

La segunda etapa consiste en Medir, durante esta etapa se define la situación actual a través de los datos históricos y estadísticos con los que cuente el problema que se desea analizar, para esto, ya tiene que existir un problema planteado como tal para poder partir de una base y así recopilar los datos que sean relevantes en la investigación, “Mejor entendimiento del proceso, validar métricas, verificar que pueden medir bien y determinar situación actual” (Gutiérrez, 2013, p. 403).

Algunas de las herramientas comúnmente utilizadas para esta etapa serían:

2.2.11.1. Diagramas de Flujo/ Mapeo de Procesos

Los Diagramas de Flujo, también denominados flujo gramas, muestran la secuencia de pasos de un proceso. Son de utilidad para describir cualquier proceso existente o nuevo en la organización. Esta herramienta puede ser aplicada para:

- Realizar las descripciones formales de los procesos dentro de un sistema de gestión de la calidad.
- Identificar aspectos clave del proceso, a los que lógicamente se les deberá prestar mayor atención.
- Localizar posibles problemas, lo que permite llevar a cabo acciones de prevención.
- Buscar acciones o actividades omitidas, bien por error o bien por innecesarias (Camisón, Cruz y González, 2006, p.1262).

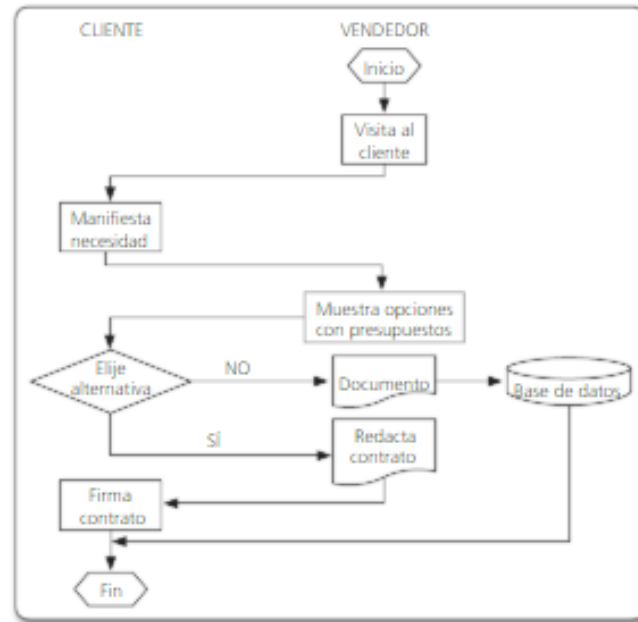


Figura 8 Diagrama de flujo

Fuente: D'Alessio (2012).

2.2.11.2. Histograma

Los histogramas son diagramas de barras que muestran el grado y la naturaleza de variación dentro del rendimiento de un proceso. El histograma muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras (Camisón, Cruz y González, 2006, p.1230).

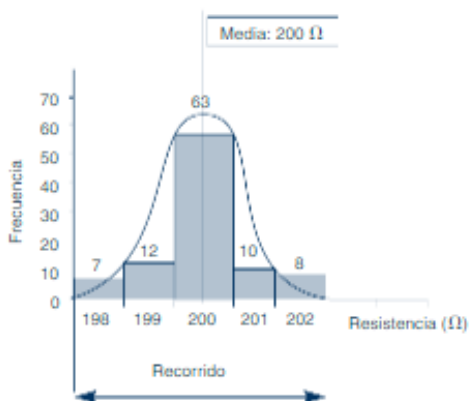


Figura 9 Histograma

Fuente: (Val & Valtueña), (2007).

2.2.12. Analizar

La tercera sería Analizar, la cual consiste en determinar las variables y analizar los datos que están generando el problema que se desea atacar, lograr identificar donde está el problema para así poder plantear una solución después. “Identificar fuentes de variación (las X), cómo se genera el problema y confirmar las X vitales con datos” (Gutiérrez, 2013, p. 403).

2.2.12.1. Generación de gráficos

La generación de gráficos se utiliza con el fin de cuantificar qué tan crítico es el problema, cuál es el foco de la problemática y cuál podrá ser la mejor solución para recomendar e implementar, es una herramienta de ayuda visual que permite enfocarse de manera más directa en los datos más significativos de un proceso, analizar su comportamiento de acuerdo a las variables que se estén estudiando.

2.2.13. Mejorar

Como penúltima etapa estaría Mejorar, en esta etapa se plantean las posibles soluciones para el problema planteado, se espera que, a partir de todos los análisis anteriores a esta etapa, se tomen las mejores decisiones que ayuden a resolver el principal conflicto, “Evaluar e implementar soluciones, asegurar que se cumplen los objetivos” (Gutiérrez, 2013, p. 403).

2.2.13.1. Tormenta de ideas

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el

trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad (Gutiérrez, 2013, p.153).

2.2.13.2. Diagrama de Gantt

A través del planeamiento de las tareas se puede seguir una estructura de mejora planificada que ayude a que el orden en las propuestas planteadas tenga coherencia y se den conforme se van necesitando, esto podría hacerse mediante un diagrama de Gantt, el cual consiste en planificación de tareas y establecimiento de plazos para lograrlas, gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.

Desarrollado por Henry Laurence Gantt a inicios del siglo XX, el diagrama se muestra en un gráfico de barras horizontales ordenadas por actividades a realizar en secuencias de tiempo concretas.

DIAGRAMA GANTT

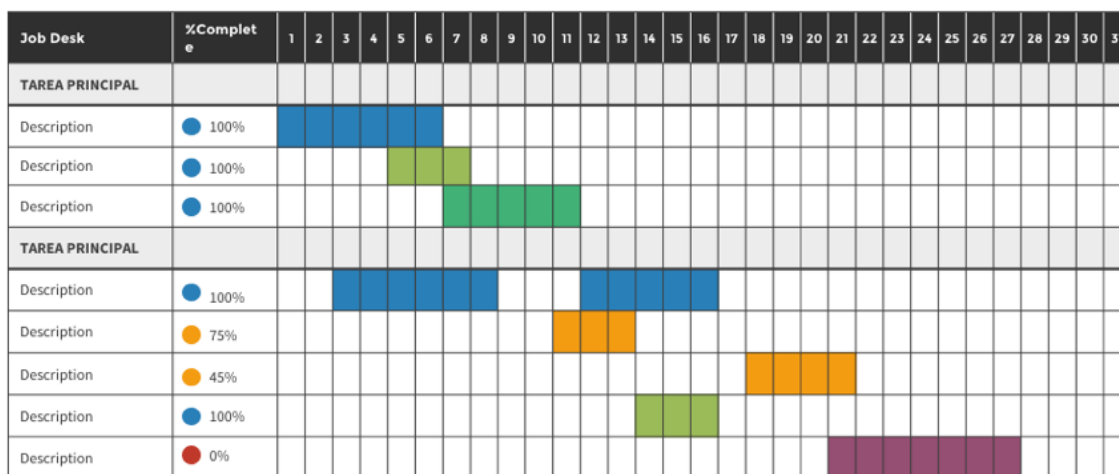


Figura 10. Diagrama de Gantt

Fuente: Modelos de negocios

2.2.13.3. Planeación de los recursos y presupuesto

Es importante planear cuál va a ser el costo de las mejoras planteadas, además de tomar en cuenta los recursos necesarios para la implantación de las mejoras anteriormente planteadas. El trabajar con una base sólida donde se cuenten con los recursos necesarios para la correcta mejora de un proceso es vital para que esto fluya adecuadamente.

2.2.13.4. Pruebas piloto

Consiste en la implementación de mejoras en el proceso a través de pruebas del tipo prueba y error, para así reconocer e implantar de manera permanente las mejoras en el proceso de producción, son pruebas controladas que ayudan a medir si las mejoras propuestas son realmente efectivas.

2.2.14. Controlar

Y la última etapa del ciclo DMAIC sería Controlar, esta etapa consiste en vigilar que las mejoras implementadas puedan mantenerse a través del tiempo, y que estas continúen siendo eficaces para el problema inicial, en caso de que estas no estén dando los resultados deseados, el ciclo DMAIC podría comenzar nuevamente para poder someter las nuevas variables a un nuevo análisis que ayude a resolver los nuevos problemas encontrados. “Diseñar un sistema para mantener mejoras logradas (controlar X vitales). Cerrar proyecto (lecciones aprendidas)” (Gutiérrez, 2013, p. 403).

2.2.14.1. Controles visuales

El poder tener algún tipo de control visual durante el proceso que indique si las actividades se están realizando tal y como debe ser, modifica el pensamiento del

personal haciendo que puedan preocuparse más por el cumplimiento adecuado de las tareas, además de que este tipo de controles ayuda a que los datos numéricos del proceso se vean más tangibles y puedan ser mejor planificados para la toma de decisiones. Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora (Hernández & Vizán, 2013, p. 34).

2.2.14.2. Poka – Yoke

En este contexto, el propósito fundamental de un sistema poka-yoke es diseñar sistemas y métodos de trabajo, así como procesos a prueba de errores. El término proviene del japonés: poka (error inadvertido), yoke (prevenir). El enfoque poka-yoke propone atacar los problemas desde su causa y actuar antes de que ocurra el defecto entendiendo su mecánica. Asimismo, reconoce que el ser humano comete errores, que olvida, y que olvida que olvida. Por ello, en algunas situaciones no es suficiente la capacitación ni la experiencia. De esta forma, para aquellos errores más críticos que están influidos por el cansancio de las personas, por estados de ánimo, por la urgencia de la producción o por la presión, es necesario diseñar sistemas a pruebas de errores (dispositivo poka-yoke) que permitan eliminar la posibilidad de falla, que el sistema advierta y prevenga lo más posible antes de que el error tenga consecuencias (Gutiérrez, 2013, p.164).

2.2.14.3. Estandarización

Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas. “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y

fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

- Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas
- Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
- Garantizar su cumplimiento.
- Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores (Hernández & Vizán, 2013, p. 34).

2.2.14.4. Documentación

Los documentos obligatorios que la organización debe elaborar y presentar a la entidad certificadora, y que por ello son necesarios para obtener el certificado de calidad, son las declaraciones de política y objetivos de la calidad, el Manual de la Calidad y los procedimientos. La norma permite la refundición de todos estos documentos en el Manual de la Calidad, y por ello frecuentemente se habla de sistema documental y Manual como sinónimos, aunque no tiene por qué ser necesariamente así (Camisón, Cruz y González, 2006, p. 391).

2.2.14.5. Capacitación y desarrollo

Capacitar significa dar a los empleados nuevos o antiguos las habilidades que requieren para desempeñar su trabajo, tal como mostrar a un nuevo

representante comercial la forma de vender el producto de su empresa. La capacitación se puede llevar a cabo pidiéndole al empleado en activo que explique al recién contratado cómo es el puesto de trabajo, o bien, mediante un proceso de varias semanas con clases en un salón o por Internet. La capacitación es importante. Incluso los individuos con un alto potencial tenderán a improvisar o dejarán de ser productivos, si no saben qué hacer o cómo hacerlo (Dessler, 2015, p.188).

2.2.14.6. Administración de la calidad total

La administración de la calidad total (TQM, total quality management) es un enfoque de gestión de la calidad que persigue tres objetivos principales: 1) el logro de la satisfacción del cliente, 2) la promoción de la participación de toda la fuerza de trabajo y 3) la mejora continua. El cliente y su satisfacción representan un foco central de la TQM, por lo que los productos se diseñan y fabrican con este enfoque en mente. El producto debe diseñarse con las características que los clientes desean y se debe fabricar libre de defectos (Groover, 2014, p. 649).

2.3. EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción:

sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo (Hernández & Vizán, 2013, p.10).

La estrategia de Lean Manufacturing tiene como objetivo final la modificación de la cultura en el lugar donde se esté trabajando, consiste en el involucramiento de todas las partes presentes en el proceso para poder crear un cambio real.

“La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas” (Hernández & Vizán, 2013, p.10).

2.3.2. Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos o productos, centrada en la reducción de la variabilidad de estos, que persigue reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier fallo que en un producto o servicio no logre cumplir los requisitos del cliente. Utiliza técnicas estadísticas para la caracterización y el estudio de la variabilidad de los procesos. El valor Seis Sigma tiene relación con la desviación típica estándar de la distribución normal por lo que 6 Sigma equivale a una tasa de eficiencia del 99,99966%. En estas condiciones requiere de método científico y de expertos, ya que busca actuar sobre las causas raíz de la variabilidad. Para ello utiliza técnicas estadísticas y no estadísticas en un proceso de cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Introducir Mejoras y Controlar

(DMAIC). Mientras que Lean Manufacturing actúa sobre los despilfarros de las actividades de producción de una manera rápida, Seis Sigma afronta el análisis de las causas para evitar su repetición (Hernández & Vizán, 2013, p.10).

Aún sin la implementación completa de la metodología seis sigma, la disminución de errores en un proceso puede reducirse significativamente si de igual manera se aplican los principios de la misma, así la mejora en el proceso puede llegar a causar un impacto real en las métricas de calidad de todo un departamento.

2.3.3. Costos de calidad

Se tiende a pensar que la calidad en un procedimiento puede llegar a hacer más caro el producto final, por la implementación de controles que comprueben que el producto entregado está acorde con las especificaciones de los clientes, sin embargo, se sabe que un proceso que esté bien desde el principio puede eliminar más desperdicios de los que se piensa, haciendo que el proceso sea más ágil y su costo sea menor al evitar los re procesos y las pérdidas en la línea de producción.

La situación límite ideal en una empresa es que los costes de la mala calidad sean cero: que todos hagan bien su trabajo (personas y máquinas), no haya defectos en los materiales y los productos funcionen correctamente. En esta situación no habría que gastar ni un solo euro en comprobaciones ni verificaciones, tampoco en re procesos ni en reparaciones.

La técnica de evaluación de los costes de la mala calidad consiste en cuantificar el coste que la mala calidad supone para la empresa. Esto permite conocer las consecuencias de los errores en términos económicos, que, en última medida, es el lenguaje que la alta dirección de una empresa entiende. Es importante que esta

información la conozca todo el personal de la empresa para que cambie su punto de vista sobre los errores. Además, esta evaluación permite identificar de entre todos los errores o defectos aquellos que más dinero le cuestan a la empresa.

La técnica de evaluación de los costes de la mala calidad no es un método para solucionar los errores, sino para cuantificar el coste que éstos le suponen a la empresa.

La evaluación de los costes de la mala calidad no resuelve por sí misma los problemas de calidad, pero ayuda a saber dónde actuar primero y así, mediante el empleo de otras herramientas, resolver el problema.

Los costes indirectos de la mala calidad son aquellos que no se ven reflejados directamente en la cuenta de resultados de la empresa, pero suponen una lacra financiera y, en algunos casos, pueden superar a los costes directos.

Estos costes indirectos son fundamentalmente:

a) El coste del cliente, entre los que se encuentran:

- Pérdida de productividad.
- Pérdidas por paradas de líneas de montaje.
- Pérdidas de tiempo por desplazamientos.
- Horas extras para recuperar la producción perdida o retrasada.

b) El coste de la insatisfacción del cliente.

c) La pérdida de reputación

(Val & Valtueña, 2007, p.144).

2.3.4. Indicadores de calidad

Un indicador es una estadística simple o compuesta que refleja algún rasgo importante de un sistema dentro de un contexto de interpretación.

Es una relación cuantitativa entre dos cantidades que corresponden a un mismo proceso o a diferentes. Por sí solos no son relevantes, adquieren importancia cuando se les compara con otros de la misma naturaleza.

Un indicador pretende caracterizar el éxito o la efectividad de un sistema, programa u organización, sirve como una medida aproximada de algún componente o de la relación entre componentes.

Un sistema de indicadores permite hacer comparaciones, elaborar juicios, analizar tendencias y predecir cambios. Puede medir el desempeño de un individuo, de un sistema y sus niveles, de una organización, el comportamiento de un contexto, el costo y la calidad de los insumos, la efectividad de los procesos, la relevancia de los bienes y servicios producidos con relación a necesidades específicas.

Calidad: Evalúa el grado en que los productos y servicios satisfacen las necesidades y cumplen con las expectativas de los clientes. Cuantifica la satisfacción del cliente (Franklin, 2013, p.144).

2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS

SEMEJANTES

Para la implementación de una mejora en el sistema de calidad de una organización se toman en cuenta las especificaciones de calidad que tienen los clientes dentro del proceso, y lo que ellos desean como producto final, por lo tanto, este tipo de

investigaciones también se han llevado a cabo en industrias ya sean de producción o de servicios.

Entre los proyectos relacionados con la mejora de la calidad en un sistema productivo se encuentran:

- Tesina: Mejoramiento de la calidad y reducción de costos para el proceso de producción, mediante la técnica del Lean Manufacturing en la empresa Arpotex S.A. (Quesada, 2015), en este proyecto se buscaba aumentar la calidad y reducir los costos de producción determinando las principales causas de calidad no satisfactoria, se identifican los principales problemas de la baja calidad en el proceso a través de herramientas ingenieriles, por medio de la simulación, se logra comprobar que la implementación de las mejoras planteadas, disminuiría los costos de producción y dejaría utilidades desde el primer mes.
- Proyecto de graduación: Reducción de la cantidad de errores en el proceso de pagos de gastos e importaciones de Centroamérica para la empresa de servicios compartidos Costa Rica, 2017 (Pacheco, 2017). En este proyecto se busca reducir la cantidad de errores en el proceso de pagos de gastos e importaciones de Centroamérica por medio del análisis de causa raíz, se implementan ayudas visuales, programas de entrenamiento y demás herramientas que solucionan el principal problema, aumentando así la calidad de los empleados.
- Tesina: Mejoramiento de la calidad y disminución del desperdicio de empaque en la empresa Café Britt S.A., ubicada en mercedes norte de

Heredia II periodo 2016. (Valverde, 2016), en este proyecto se busca disminuir el desperdicio en el empaque del café, esto debido a problemas en la calidad del proceso, por lo que se plantean mejoras que ayuden a reducir los costos involucrados en los re procesos, se elaboran propuestas y se determinan las causas principales de los desperdicios.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la definición del problema se tomó en cuenta el tiempo disponible para la realización de la investigación y las mejoras que se podrían implementar en el proceso además de la importancia para la empresa y el impacto que esto generaría en el departamento de ingeniería. A través de reuniones con los altos gerentes y el supervisor del departamento se toma una lluvia de ideas de los problemas que más se deseaban atacar para el correcto funcionamiento del departamento.

Por lo tanto, además de los datos recopilados anteriormente, se tomaron en cuenta los datos de calidad desde las últimas 6 seis contrataciones las cuales abarcan aproximadamente un año y un mes de información, dividiéndose en períodos de 3 contrataciones.

Para definir el problema se trabajó primeramente con un Project Charter utilizando el formato establecido por la empresa el cual determina la importancia y los principales beneficiados de la investigación que se deseó realizar, además se utilizaron herramientas propias de la metodología DMAIC específicamente en esta etapa que sería la de Definir, así que se utilizan herramientas como Diagrama de Pareto para identificar cuáles fueron las causas más importantes que estaban generando los problemas de calidad dentro del departamento de ingeniería, además se utilizó la herramienta de diagrama de Ishikawa, para así, determinar cuáles serían otras posibles causas que estén afectando al departamento, todo esto a través de una lluvia de ideas donde cada uno de los involucrados participó para la definición de los mismos.

También se realizó un cuadro comparativo de las tareas que se realizan en el departamento y los desperdicios que existen en cada una de ellas.

Todo esto con la finalidad de determinar cuáles son los principales problemas del departamento y así saber donde debía actuarse primero. La empresa se encuentra realizando mejoras continuas que ayuden a que el proceso sea más eficiente y productivo, sin embargo, el área de calidad no se había trabajado, sino que solamente se había medido para así llevar un control sin atacar las posibles áreas de mejora que puedan contribuir a que el control de calidad se vuelva más fácil y obtenga mejores resultados.

Número	Actividad	Herramienta	Fuente	Responsable	Plazo
1	Lluvia de ideas	Reunión con los ingenieros y toma de datos aleatorios en el departamento	Departamento de ingeniería	Mayelin Gutiérrez	Del 30 de setiembre al 23 de octubre
2	Cálculo de tiempo disponible para el proyecto	Métricas de la empresa	Gerencia y supervisor		
3	Datos de calidad de las últimas contrataciones	Cuadro comparativo	Base de datos de calidad		
4	Definición de plazos y metas del proyecto	Proyect charter	Supervisor		
5	Definición de los errores mas comunes en el departamento	Pareto	Base de datos de calidad		
6	Análisis de causas de las incidencias de errores	Diagrama de Ishikawa	Departamento de ingeniería		
7	Analizar los procesos que tiene el departamento	Diagrama de flujo	Supervisor		
8	Ver los resultados de cada parte del proceso	SIPOC	Supervisor		

Cuadro 1. Definición del problema

Fuente: Elaboración propia

3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO

CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL PROYECTO

En la etapa de medición de la metodología DMAIC que se utilizó durante la investigación, se analizó la información existente en la base de datos de la empresa donde se almacenan los errores, los casos, y los ingenieros que trabajaron en los mismos, todo esto para conocer la situación actual sobre la que se iba a trabajar para mostrar la problemática existente dentro de la empresa y así conocer el alcance del proyecto y brindar las mejoras al mismo.

Se detecta que a pesar de existir una base de datos, la interpretación de los mismos a partir de una herramienta para el manejo de calidad con el que contaba el departamento se encontraba desactualizada o con fórmulas erróneas por lo que se debió trabajar en ello.

Se diagrama el proceso de producción, abarcando el área anterior al proceso de ingeniería, esto para conocer el flujo del proceso en los casos en los que se trabaja, reconocer los cuellos de botella e identificar las causas, además se utilizan histogramas como herramientas que muestran la variación en el proceso para así analizar la distribución del mismo. Se incluyeron además, gráficos de control para mostrar la variabilidad dentro del proceso, tanto en los tiempos de realización de los casos, como en la cantidad de errores reportados con sus respectivas variables.

Número	Actividad	Herramienta	Fuente	Responsable	Plazo
1	Medición y análisis	Gráfico de análisis de errores en la base de datos	Datos de calidad del departamento de ingeniería	Mayelin Gutiérrez	Del 23 de octubre al 12 de noviembre
2	Errores por región	Graficación de errores por región	Datos de calidad del departamento de ingeniería		
3	Errores por ingeniero	Graficación de errores por ingeniero	Datos de calidad del departamento de ingeniería		
4	Participación de los doctores en el proceso	Graficación de porcentajes de participación por región	Supervisor		
5	Análisis estadístico de los porcentajes de calidad de los nuevos ingresos	Graficación de la calidad de los ingenieros en los respectivos entrenamientos	Datos de calidad del departamento de ingeniería		
6	Cálculo de costos en retrabajos	Cálculo de costos de cada uno de los errores	Supervisor		
7	Análisis de tiempos de proceso	Toma de tiempos y análisis de estándares	Departamento de ingeniería		
8	Análisis de errores de los nuevos ingenieros	Graficación de errores de los nuevos ingenieros	Datos de calidad del departamento de ingeniería		

Cuadro 2 Análisis de datos de calidad de ingeniería

Fuente: Elaboración propia

3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Al igual que en los puntos anteriores y en todo el proyecto la metodología DMAIC es la que mejor se adapta a esta investigación debido a que es la herramienta por excelencia utilizada en Six Sigma.

A partir de diversas situaciones planteadas a través del proceso y el análisis de los datos recolectados en la etapa anterior se crean las diversas mejoras que puedan atacar el problema de raíz, lográndose así identificar la verdadera relevancia del factor humano dentro del proceso productivo de ingeniería.

El proceso de lluvia de ideas, el análisis de todas las herramientas anteriores brindaron un panorama más amplio para lograr establecer las mejoras necesarias para que la calidad del departamento pudiera mejorar y al mismo tiempo incentivar a cada uno de los ingenieros de forma individual a buscar esa mejora incluso desde el ámbito personal, se realizan las mejoras mediante un proceso progresivo que se lograra adaptar a la fluidez del trabajo del departamento, esto para no afectar la producción en su totalidad sin antes haber obtenido los resultados deseados.

Número	Actividad	Herramienta	Fuente	Responsable	Plazo
1	Lluvia de ideas	Ishikawa	Departamento de ingeniería	Mayelin Gutiérrez	Del 12 de noviembre al 31 de diciembre
2	Lluvia de ideas	Análisis de desperdicios	Departamento de ingeniería		
3	Estandarización del trabajo	Lean Manufacturing	Departamento de ingeniería		
4	Establecimiento de mejoras para el proceso	Kaisen, Poka-Yoke, Estandarización, etc	Elaboración propia		

Cuadro 3 Propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia

3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la correcta implementación de las mejoras dentro del proceso se utilizaron diversas herramientas para agilizar la recolección de resultados que generaran un impacto significativo dentro de la producción.

Las herramientas utilizadas y su debida aplicación se detallan a continuación:

- Tormenta de ideas: Para la solución de los problemas en el departamento luego del análisis de las causas que están afectando al mismo, fue necesaria una tormenta de ideas que brindara claridad desde cada una de

las partes del departamento de ingeniería, ya que todas las perspectivas cuentan cuando se intenta mejorar un proceso productivo tan delicado, debido a que son las vidas de los pacientes con lo que se está trabajando.

- A través de la planeación de las mejoras en el tiempo fue más fácil poder implantar cada una de ellas, ya que realizándolas progresivamente, se reconocieron cuáles fueron las herramientas de mayor impacto en el proceso de producción y cuáles de las mismas pueden y deben seguir manteniéndose en el tiempo.
- Planeación de los recursos y presupuesto: Se realizó para reconocer cual sería el impacto económico del mismo a lo largo del tiempo a través de la inversión que se debía realizar para mejorar el proceso, esto debido a que cada cambio que se realizó dentro de la línea de producción, requiere de costos directos e indirectos que también debieron ser analizados.

Número	Actividad	Herramienta	Fuente	Responsable	Plazo
1	Establecimiento de plan piloto	Diagrama de Gantt	Elaboración propia	Mayelin Gutiérrez	Del 31 de diciembre al 5 de enero
2	Division de fases de mejora	Análisis de desperdicios	Elaboración propia		
3	Análisis de las dos fases de mejora	Graficación de datos	Elaboración propia		
4	Análisis económico final	Costos	Elaboración propia		

Cuadro 4. Implementación de las mejoras

Fuente: Elaboración propia

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

Para asegurar el adecuado funcionamiento de las propuestas de mejora dentro del departamento de ingeniería de la empresa MicroPort Orthopedics, es necesario el real involucramiento de cada uno de los que participan en el proceso, que cada uno de ellos conozca cual es el rumbo de la organización y cuáles son los objetivos planteados para el departamento durante el periodo estimado durante la planeación de las metas anuales para la evaluación del desempeño.

A partir de controles visuales que apoyen las métricas dadas en el departamento que lograrán clarificar los resultados obtenidos semanalmente por cada uno de los ingenieros, se logró determinar la importancia de la utilización de datos concretos que prueben las mejoras realizadas por cada uno de ellos.

La estandarización de los procesos, la documentación de cada uno de los procesos realizados logran incidir de igual manera en los resultados esperados para las mejoras en la calidad del departamento donde se espera que la inclusión de este tipo de documentación, metodología de capacitación y control del proceso antes y durante la inserción de los nuevos ingenieros a las métricas de calidad del departamento, integren de manera más práctica y eficaz los resultados obtenidos para todos ellos desde el inicio de su proceso.

Debido a que la alta dirección está directamente involucrada con los resultados de calidad y las métricas de desempeño de cada uno de los empleados, es deber de cada uno de ellos velar por el correcto funcionamiento del sistema bajo el que trabaja el departamento para que estas evaluaciones muestren resultados aún más satisfactorios.

Número	Actividad	Herramienta	Fuente	Responsable	Plazo
1	Controles visuales	Programación	Elaboración propia	Mayelin Gutiérrez	Del 31 de diciembre al 5 de enero
2	Documentación	Estandarización	Elaboración propia		
3	Creación de nuevo reporte	Word y Excel	Elaboración propia		

Cuadro 5. Verificación y control de las medidas implementadas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL, DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para reconocer de forma más detallada el proceso en el cual está enfocado el proyecto y la importancia del mismo dentro de la organización, se realizarán los análisis correspondientes a cada una de las etapas del DMAIC. Se describirá el proceso de ingeniería abarcando también el área de procesamiento de imágenes para así reconocer de forma más fácil las entradas y salidas del proceso.

En esta sección se analizará el proceso en el cual el principal problema será definido, los pasos que se siguieron para la realización de la respectiva investigación, además se debe tomar en cuenta que los datos que se muestran sobre la calidad del último semestre del año, únicamente contarán con los datos de julio a setiembre siendo respectivamente las semanas de la 27 a la 39, ya que los datos de octubre por mejoras en el proceso, se analizaran más adelante.

4.1.1. Tiempo disponible para la realización del proyecto

La empresa realiza evaluaciones de desempeño anuales, éstas se realizan en el mes de enero, en el cual se evalúan todos los datos y métricas de importancia relevante dentro de la evaluación obtenidas durante el año anterior, por lo tanto, la siguiente investigación toma como base los resultados obtenidos durante el primer semestre del año en curso como base para la mejora del segundo semestre trabajando sobre los últimos 3 meses del año disponibles para la realización de las mejoras pertinentes en la calidad del departamento.

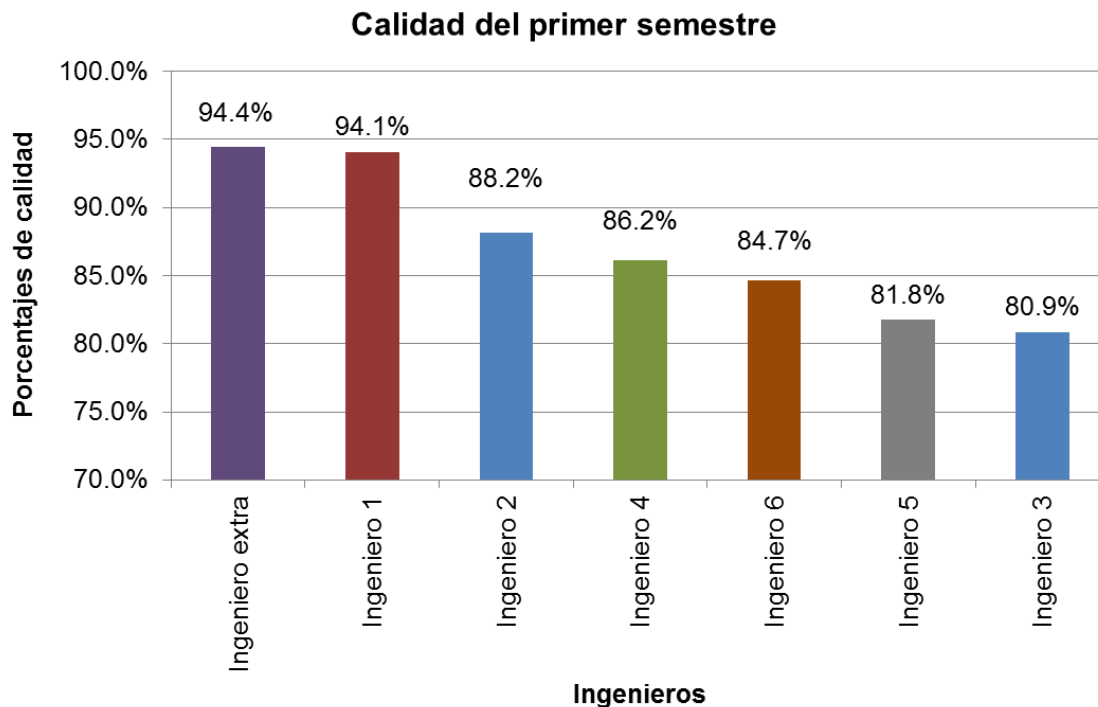


Figura 11. Calidad del primer semestre del 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

De acuerdo con la calidad obtenida durante el primer semestre del 2019, se observa que más del 70% de los ingenieros estaba por encima de la calidad de 83% esperada para poder obtener una evaluación aceptable en su desempeño, lo cual mostraba un buen funcionamiento de los parámetros de calidad establecidos y que los casos trabajados tendían a tener menos errores, sin embargo habían dos ingenieros que se encontraban por debajo de estos estándares, sin embargo, poder alcanzar la meta deseada no era tan complicado y se podían trabajar mejoras para estos ingenieros. Fue a partir del segundo semestre cuando la calidad de los ingenieros comenzó a disminuir, debido a esto, se plantea trabajar únicamente con los datos del segundo semestre, para poder subir la calidad del mismo con cada uno de los

ingenieros para que así, la calidad anual de cada uno de ellos mostrara resultados favorables para el departamento, y que la calidad anual de todo el equipo resultara aceptable.

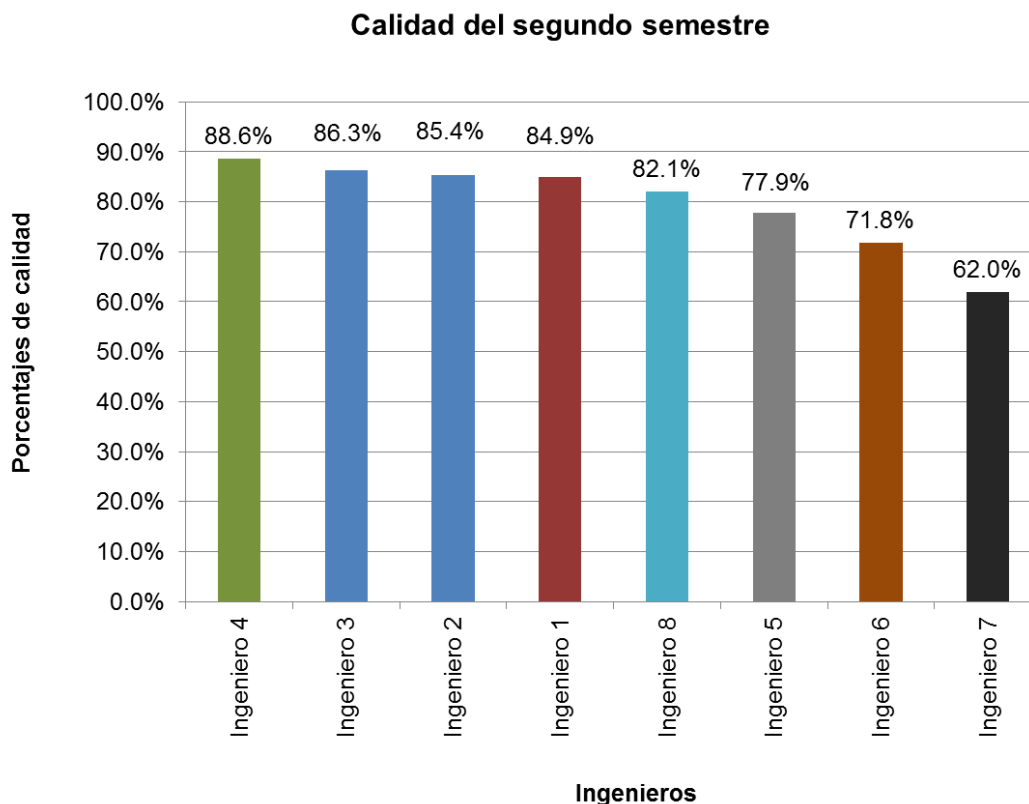


Figura 12. Calidad del segundo semestre del 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Sin embargo, la calidad del segundo semestre contando únicamente los datos de julio a setiembre, comenzó a disminuir para todos los ingenieros exceptuando los ingenieros 3 y 4, y los nuevos integrantes, los cuales son los ingenieros 7 y 8, se observa como la calidad de los ingenieros con menos tiempo dentro de la empresa comienza a subir y los ingenieros con más experiencia comienzan a disminuir sus valores. A partir de este análisis es donde se plantea únicamente trabajar sobre los

últimos meses del año para mostrar resultados mejores al finalizar el mismo para poder obtener mejores resultados semestrales una vez que los últimos ingenieros contratados los cuales corresponden al 9 y el 10, no afecten de forma drástica las métricas de calidad

El reconocimiento de las mejoras posibles para el departamento es clave para reconocer cual será el alcance del mismo, para esto se analizan las metas de la empresa individuales para el año 2019, estas metas están basadas en métricas que la empresa establece para cada uno de los integrantes de la compañía, teniendo algunos puntos en común para cada uno de ellos.

Las metas se dividen en 4 partes, la primera son las metas corporativas, donde se evalúa el desempeño de la empresa completa como tal, estas metas forman parte del planeamiento estratégico fijado para el año en curso, donde cada uno de los integrantes de la compañía aporta para lograrlas.

Company Performance	12.5%	MPO sales
	12.5%	MPO Net Income
	12.5%	MPO Cash Flow
	12.5%	MPO Gross Margin %

Tabla 3. Desempeño de la compañía

Fuente: MicroPort Orthopedics

Las segundas metas son individuales, las cuales consisten en primer lugar tener una buena eficiencia durante el año, tomando en cuenta que el departamento completo define las medidas del cuartil 2 y el cuartil 3 sobre los que se evaluará la eficiencia de

cada uno, evaluando como bueno, si la eficiencia individual se encuentra dentro de estos valores.

La meta siguiente consiste en completar los entrenamientos de la empresa siempre a tiempo, ya que esto se mantiene en constante revisión por parte del departamento de calidad que está encargado de las regulaciones y los archivos de la empresa, así que cada uno de los integrantes del equipo debe cumplir con sus propios entrenamientos, pudiendo ser grupales o individuales.

Y la última de estas, está elaborada únicamente enfocada a la calidad obtenida por cada uno de los integrantes del equipo de manera individual, para esto cada semana se evalúan los resultados obtenidos para dar un seguimiento de lo que cada uno está realizando en el proceso. Esto se realiza a través de reportes enviados por correo electrónico de manera manual.

10%	Efficiency between Q2 and Q3 of the team
10%	Compliance training 100% on time
10%	Prophecy quality between 83 and 94%

Tabla 4. Indicadores individuales

Fuente: MicroPort Orthopedics

QUALITY 2019							
YIELD							
WEEK	41			WEEK	II SEMESTRE		
VS	PROPHECY		RATE	VS	PROPHECY		RATE
CASES	70	10	14%	CASES	968	124	13%
SUM	14.25	0.0	0%	SUM	191.50	16.5	9%
RTY SM	81.58%	100.00%	σ LABEL	RTY SM	82.05%	87.54%	σ LABEL
	★★	★★★★★	NULL		★★	★★★	2.62
DUALS							
VS	PROPHECY			VS	PROPHECY		
DUALS	70	10		DUALS	969	159	
ERRORS	33	4		ERRORS	346	69	
E/D	0.47	0.40		E/D	0.36	0.43	
D/C	1.00	1.00		D/C	1.00	1.28	
QUALITY 2019		83.11%	★★★	QUALITY 2019 SEMESTRE		87.54%	★★★

Tabla 5. Ejemplo del reporte de calidad

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

La tercer meta consiste en una evaluación grupal donde se espera la reducción del costo del proceso y de materiales en un 5%, esto a partir de mejoras implementadas en el departamento, ese 5% sobre el que está basado la mejora, va de acuerdo a los datos obtenidos el año anterior, que por confidencialidad solamente manejan los altos ejecutivos de la compañía, ellos se encargan de indicarle al departamento cual porcentaje de ese 5% fue logrado durante el año.

10%	Prophecy cost reduction by 5%
-----	-------------------------------

Tabla 6. Indicador grupal

Fuente: MicroPort Orthopedics

Y la cuarta y última meta consiste en una meta de bono, lo que significa que de las ganancias de la compañía durante el año gracias a su esfuerzo en la implementación de mejoras del departamento, una parte se destinará a cada uno de los involucrados si

lograron esta meta en el porcentaje deseado, si la meta no se logra por completo, la cantidad de bono percibida por el colaborador será menor, al igual si sobrepasa las expectativas de los altos ejecutivos, la meta de bono podrá ser mayor.

10%	One quality improvement proposal and it is achievable
-----	---

Tabla 7. Ejemplo de meta de bono

Fuente: MicroPort Orthopedics

Los criterios de evaluación de las metas para cada colaborador van de 1 a 5, siendo un 3, la calificación normal esperada que consiste en un 100%, los valores más bajos a esto representan un indicador de que algo dentro del proceso no está saliendo como se desea o que los parámetros deben ser ajustados si resulta un común denominador para todos los involucrados, y los valores más altos a 5, representan un esfuerzo extra por parte de cada uno de los colaboradores, por lo que se recompensa según la evaluación obtenida.

De todas las metas dadas para el departamento y para los ingenieros, se realiza un ponderado de acuerdo al peso que cada una de ellas tiene, para así otorgar una evaluación única totalizada para cada empleado.

Estas evaluaciones al realizarse en el mes de enero, requieren de una constante participación a lo largo del año por parte de todos los ingenieros, donde la calidad y las mejoras se evalúan semana a semana para llevar un control de los resultados obtenidos, sin embargo, en el área de calidad, se ha trabajado manejando estos resultados de una forma más superficial sin atacar el problema de raíz, por lo que durante el último cuatrimestre del año se plantea el proyecto donde se propone una

mejora real para la calidad del departamento la cual pueda estar sustentada en evidencia suficiente para lograr minimizar los errores existentes en el proceso, sin dejar de lado la posibilidad de la incidencia de errores debido al factor humano que se encuentra presente en cada uno de los pasos del proceso.

4.1.2. Datos de calidad de las últimas contrataciones

De acuerdo con los datos obtenidos en el área de calidad de ingeniería, las últimas 3 contrataciones se realizaron de la siguiente forma con su respectiva calidad a octubre del 2019:

Últimos ingenieros integrados al equipo a Octubre de 2019				
	Fecha de contratación	Tiempo aproximado en el proceso	Calidad segundo semestre 2019	Participación en métricas
Primeras				
Ingeniero 3	Setiembre 2018	1 año y 1 mes	87.5%	Todo el año
Ingeniero 4	Setiembre 2018	1 año y 1 mes	88.3%	
Segundas				
Ingeniero 7	Marzo 2019	7 meses	63.2%	Desde julio 2019
Ingeniero 8	Abril 2019	6 meses	82.2%	Desde julio 2019
Terceras				
Ingeniero 9	Setiembre 2019	1 mes	16.2%	A partir de diciembre 2019
Ingeniero 10	Setiembre 2019	1 mes	25.7%	A partir de diciembre 2019

Tabla 8. Calidad de los últimos ingenieros contratados

Fuente: Elaboración propia

Para agilizar el reconocimiento de cada uno de los integrantes del equipo se trabajará nombrándolos según un número de ingeniero, en este caso la tabla muestra el avance en calidad para las primeras contrataciones conforme el paso del tiempo logrando una calidad más alta a nivel semestral del 83% esperado, beneficiando así la calidad total del equipo.

A partir de las segundas contrataciones se ve una diferencia significativa en la calidad que lograron los integrantes del equipo, donde uno de los dos integrantes está casi logrando llegar al 83% semestral esperado en tan solo 3 meses, mientras que el otro integrante no ha logrado subir la calidad a un nivel deseado a pesar de que todos los ingenieros realizan casi las mismas funciones, siguiendo un protocolo establecido por la empresa en la realización de casos.

Los últimos ingenieros llevan apenas un mes dentro del equipo de ingeniería, sin embargo, la calidad de ellos no afecta al equipo completo ya que por cuestiones de entrenamiento ellos se encuentran en unas gráficas diferentes a los demás mientras están en su periodo de prueba de 3 meses, esto para llevar un control específico sobre el progreso en la calidad, para su posterior inserción en las métricas del departamento completo, estas métricas de calidad del departamento son individuales sin embargo el departamento completo obtiene su propio reconocimiento dentro de los objetivos fijados en el planeamiento estratégico de la empresa.

4.1.3. Project Charter

La empresa necesita tener a su mano un resumen sobre los proyectos que se están trabajando además de los entregables y las fechas correspondientes para cada uno, como parte de la definición de este problema se utiliza la herramienta de Project Charter que ayuda a la redacción de dicho resumen, y deja en claro al supervisor y al gerente de procesos el camino que se está siguiendo en la propuesta de las mejoras para la implementación en el departamento para el área de calidad.

PROJECT CHARTER	
Initial date	Project name
23/9/2019	Mejora en la calidad del departamento de ingeniería
OBJECTIVES	
Main objective	Implementación de una mejora que minimice la cantidad de errores en el proceso realizado en el departamento de ingeniería
Specific objectives	Identificación de la situación actual
	Analizar factores que afectan a la calidad
	Desarrollar las propuestas de mejora necesarias
	Determinar beneficios económicos para el departamento
	Dar el seguimiento correspondiente a las mejoras
PROJECT JUSTIFICATION	
Es necesario reducir la cantidad de errores en el departamento que estén haciendo que ocurran pérdidas de tiempo en reprocesos, y aumentar la calidad de cada uno de los involucrados para mejorar la evaluación de desempeño que puedan obtener	
PROJECT DESCRIPTION	
Consiste en la implementación de las mejoras necesarias que ayuden a que la calidad del departamento aumente y se muestre la eficiencia del mismo, para así disminuir los reprocesos y aprovechar mejor los recursos con los que se cuenta	
Sponsor	
Irving Romero Mora	
Stakeholders	Responsibility and roles
Mayelin Gutierrez	Administradora del proyecto
Irving Romero	Supervisor del departamento de ingeniería de MicroPort Costa Rica
Stephen Smith	Gerente General de MicroPort Costa Rica
Andres Acuña	Gerente de procesos de MicroPort Costa Rica
Cecilia Vargas	Encargada de recursos humanos de MicroPort Costa Rica
Schedule per deliverable	
Recolección de la información	30 de octubre 2019
Propuesta de mejoras	15 de noviembre 2019
Implementación de mejoras	17 de noviembre 2019
Resultados obtenidos	30 de noviembre 2019
Plan de seguimiento y control	5 de diciembre 2019
Scope	
La meta del proyecto es lograr reducir los errores reportados en la calidad de los ingenieros para aumentar su métrica de acuerdo a los requerimientos especificados para el departamento. Este proyecto no incluye cambios en las guías, los reportes o los planos.	

Figura 13. Project Charter

Fuente: Elaboración propia según protocolo de MicroPort Orthopedics

4.1.4. Diagrama de Pareto

En el departamento existe una hoja de revisión que consta de 96 errores diferentes, estos se deben revisar posteriormente a la realización de las guías de los huesos y antes de que el reporte llegue al cirujano, por lo que una vez lista la revisión y esta no tenga ningún error, se envía el reporte al respectivo doctor, al ser tantos errores diferentes se analizarán de la forma más práctica para el departamento.

Para lograr clasificar los errores de acuerdo a su frecuencia en el proceso, estos se dividen en los subgrupos correspondientes dependiendo del área que estén abarcando, ya que los tipos de errores existentes, pertenecen a alguna categoría en específico. Esta división se realiza para determinar la frecuencia y así observar de manera gráfica, cuales son los errores que deben trabajarse dentro del departamento como un conjunto, además de establecer prioridades de mejora que permitan atacar los más importantes.

A continuación se determinaran las categorías por tipo de error con los que se van a trabajar, omitiendo los errores que no han tenido incidencias en los últimos meses:

Número	Grupo de error
Error 2	Informe de verificación preliminar
Error 3	
Error 6	
Error 7	
Error 8	
Error 10	
Error 11	
Error 12	
Error 14	Alineación del componente femoral
Error 15	
Error 16	Puntos de referencia femorales
Error 19	
Error 20	
Error 23	Alineación del componente tibial
Error 24	
Error 25	Puntos de referencia tibiales
Error 26	
Error 27	
Error 28	Especificación del tamaño y alineación del componente femoral
Error 29	
Error 31	
Error 32	
Error 33	Especificación del tamaño y alineación del
Error 34	

Cuadro 6. Grupos de errores del 2 al 34 del documento de revisión de guías

Fuente: Elaboración propia según base de datos de calidad de MicroPort Orthopedics

Número	Grupo de error
Error 46	Guía del femur
Error 49	
Error 50	
Error 51	
Error 53	
Error 54	
Error 55	
Error 56	
Error 57	
Error 58	
Error 60	
Error 61	
Error 63	
Error 64	
Error 68	
Error 69	
Error 72	
Error 73	
Error 74	
Error 76	
Error 77	
Error 78	
Error 79	
Error 80	
Error 81	
Error 82	
Error 86	
Error 88	
Error 89	
Error 92	Planos
Error 93	

Cuadro 7. Grupos de errores del 46 al 93 del documento de revisión de guías

Fuente: Elaboración propia según base de datos de calidad de MicroPort Orthopedics

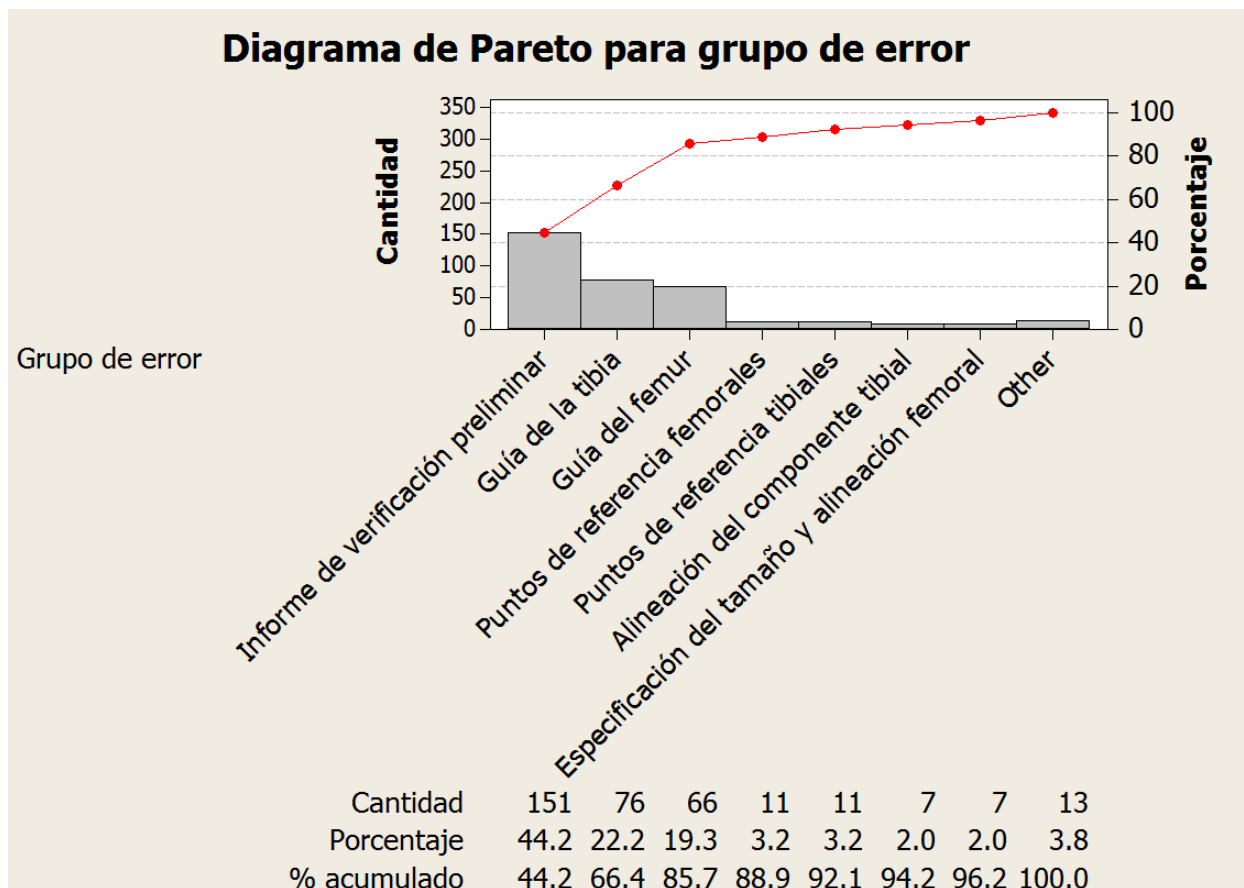


Figura 14. Diagrama de Pareto sobre los grupos de errores con mayores incidencias

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de MicroPort Orthopedics

Al analizar las incidencias de los errores a la última semana de setiembre, se observa que un 44,2% corresponde al informe de verificación preliminar y el 22,2% son errores en la guía de la tibia. Por lo tanto, las mayores mejoras que se podrían realizar en el proceso se encuentran en estos dos puntos, así que partir de ahí sería la mejor opción, además con el análisis de los errores correspondientes, las mejoras para los demás grupos de errores serán más sencillos de implementar.

4.1.5. Histograma de calidad semanal

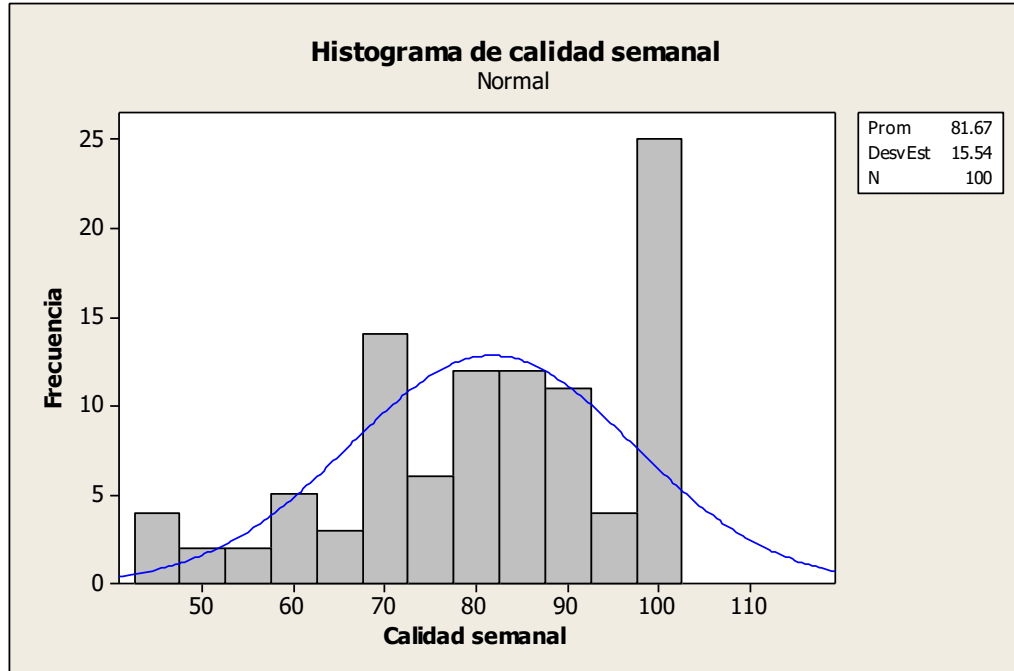


Figura 15. Histograma de la calidad semanal durante el tercer trimestre del 2019, semanas de la 27 a la 39

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Al analizar el histograma de calidad semanal del departamento de ingeniería, se observa que estos tienen una distribución con un ajuste deficiente y ligeramente asimétrico a la izquierda, lo que significa que los datos no tienen un comportamiento normal, y los datos varían mucho dentro del proceso teniendo los valores de 70% y 100% en calidad. Como los más altos en las semanas de estudio las cuales son un total de 13, además la mayoría de los datos se encuentran a la izquierda, lo cual se consideraría normal ya que ninguno puede tener su calidad por encima de 100%, excepto que más de la mitad de los datos están por debajo de un 80% y debido a esto se ve que no se está llegando al 83% establecido por la empresa tal y como lo muestra el 81.67% indicado en el histograma como promedio de calificaciones.

4.1.6. Diagrama de Ishikawa

Para el análisis de las causas se realiza un diagrama de Ishikawa, el cual, obtiene sus datos a partir de ideas bridadas por todo el departamento de ingeniería, a través de consultas realizadas de forma individual a cada uno de los ingenieros y al supervisor del departamento. Se buscaron las causas que esten afectando directamente la calidad del proceso. Para de esta forma poder actuar sobre las mismas de una manera eficiente, ademas se describirán una a una las causas y las razones por las cuales fueron consideradas como tales en el proceso.

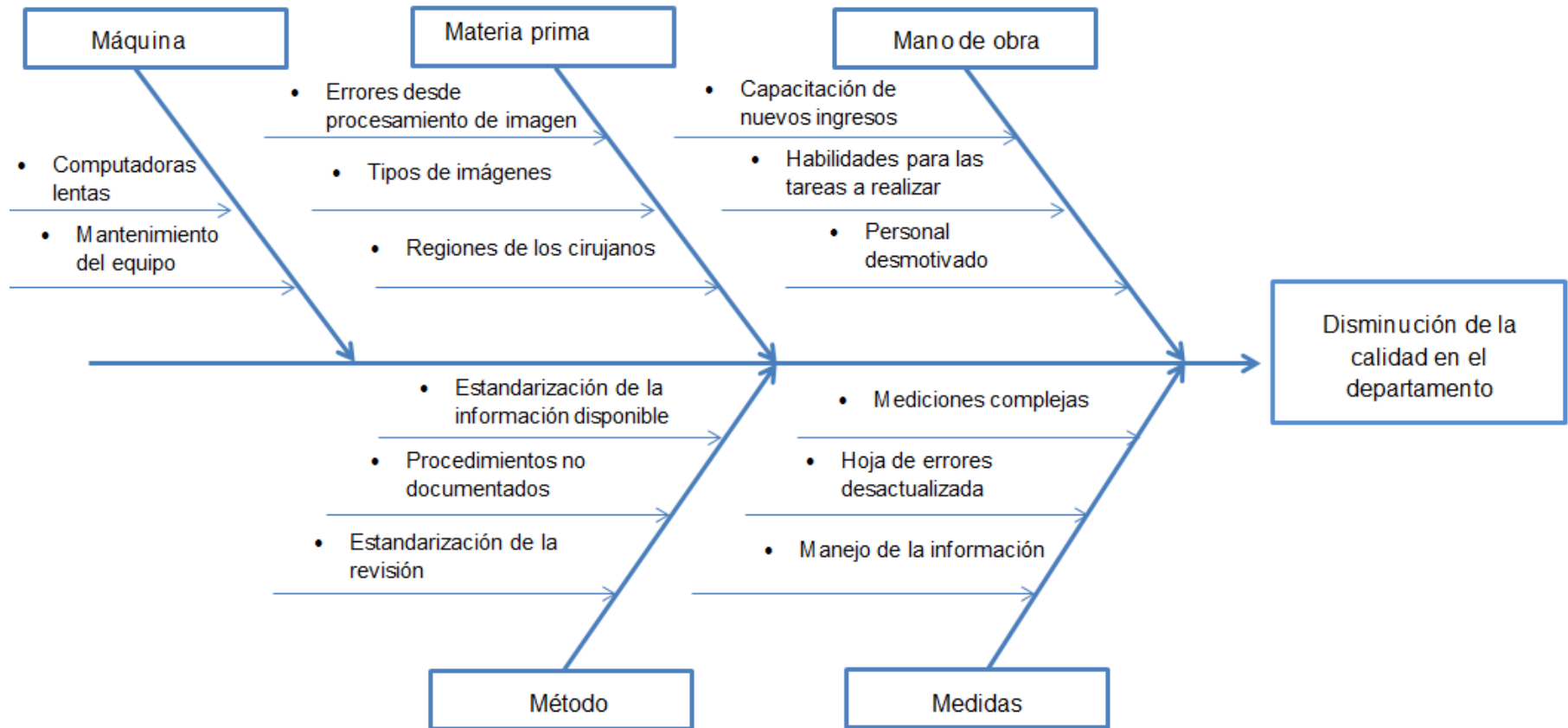


Figura 16. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.1. Análisis del diagrama de Ishikawa

Se omite la causa de medio ambiente, ya que de acuerdo con los datos suministrados por los ingenieros y el supervisor, esta no es una causa del aumento de errores en los casos.

Máquina

- **Computadoras lentas:** Las computadoras no cuentan con la capacidad suficiente para que el programa funcione de manera fluida, por lo que estas tienden a detener su proceso haciendo que el ingeniero pierda tiempo al intentar solucionarlo, cuando los ingenieros pierden el tiempo que necesitan para la realización de los casos, terminan trabajando bajo presión, debido a que todos deben cumplir con una carga de trabajo semanal establecida por el supervisor del departamento. Al trabajar bajo esa presión, muchos de ellos deciden que es mejor realizar más casos y no enfocarse tanto en la calidad de los mismos.
- **Mantenimiento del equipo:** Las computadoras cuentan con programas desactualizados o muy pesados que ralentizan la capacidad de hacerlos funcionar, además de que almacena muchos archivos innecesarios dentro de sus carpetas. El antivirus de las computadoras se encontraba desactualizado provocando la aparición de “virus”, lo que ocasionó que algunas computadoras trabajaran aún más lento de lo normal.

Materia prima

- **Errores desde procesamiento de imagen:** Algunos errores que llegan desde procesamiento de imágenes incluyen el que algunos huesos no tiene la

calidad necesaria para poder ser utilizados en el proceso por lo que se requiere informarles al departamento de ellos y realizar el procesamiento necesario. Además, algunos de los archivos necesarios no están dentro del archivo de Solidworks con el que se trabaja en ingeniería, por lo que hay que colocarlos en el caso de forma manual.

- Tipos de imágenes: En esta causa no se puede trabajar a pesar de ser una de las razones por las que existen errores en el proceso, debido a que no depende de la empresa el tipo de máquina que utilicen los cirujanos para la toma de imágenes, por lo que se debe trabajar con el material disponible. Aun así, es importante tomarla en cuenta para poder establecer alguna medida que ayude a mitigar el problema que esto genera.
- Regiones de los cirujanos: Esta se considera una causa debido a que las regiones influyen en los ingenieros, debido a que todos los ingenieros están especializados en un área específica, sin embargo en ocasiones, los casos de esas regiones son escasos, por lo que deben trabajar en casos de otras regiones con los que no están tan familiarizados, lo que hace que la incidencia de errores se vea más marcada en estos casos.

Mano de obra

- Capacitación de nuevos ingresos: Esta es considerada una causa debido a que no existe un protocolo estandarizado para el entrenamiento de nuevos ingenieros en el departamento, no se ha determinado quien será el encargado de estas capacitaciones, cuáles serán los parámetros con los que se determina la persona ideal para las capacitaciones, ni los lineamientos a

seguir o las evaluaciones que se harán en cada parte del proceso antes de que los nuevos ingresos sean parte del proceso general.

- **Habilidades para realizar las tareas:** Las habilidades necesarias para los diferentes tipos de casos, o para los diferentes procesos dentro de departamento no están especificadas, por lo que la asignación a una región en específico, se determina de acuerdo a su desenvolvimiento en el período de prueba y no tanto en las necesidades de las regiones del departamento. Esto incide en la calidad del departamento ya que cuando el ingeniero realiza casos de otras regiones tiende a cometer más errores al no estar acostumbrado al proceso.
- **Personal desmotivado:** Debido al tipo de evaluaciones de desempeño que se realizan en el departamento, las personas con más años en el mismo, tienden a tener desmotivación al conocer los parámetros sobre los cuales son evaluados y las repercusiones que tiene esto en su trabajo, por lo que el interés en mantenerse por encima de los lineamientos establecidos, deja de ser prioridad para ellos, así que esto provoca que el interés en la calidad del proceso que están realizando disminuya con el pasar del tiempo.

Medidas

- **Mediciones complejas:** Para los ingenieros trabajar con los reportes de calidad actuales se vuelve complicado ya que estos contienen muchos datos innecesarios para ellos, por lo que muchos de ellos al no entender sus propios reportes, optan únicamente por guiarse en la cantidad de estrellas obtenidas y los colores de estas, haciendo que sus mediciones se basen en

esto, sin importar el número y las características por las cuales se obtuvo esa calificación.

- Hoja de errores desactualizada: La hoja de Excel con la que se trabaja para el envío de reportes de calidad al departamento, se encuentra desactualizada, por lo que algunas medidas podían no ser reales para ellos, así que la necesidad de trabajar en esto y mostrar datos más reales para la calidad es crucial para ellos, solamente así pueden reconocer realmente en que están fallando dentro de su proceso.
- Manejo de la información: Para muchos de los ingenieros es complicado poder mejorar su calidad en la semana debido a que los reportes de calidad se pasan una única vez los días lunes, reportando la calidad de la semana anterior, así que durante la semana los ingenieros no saben cuáles son los errores que están cometiendo dentro del proceso, así que no pueden mejorarlos, además de que cuando existe un error en el proceso, no se le indica al ingeniero correspondiente que lo cometió, así que estos no conocen nada de su desempeño durante la semana hasta el día lunes, sin ya poder hacer algo al respecto más que mejorar durante la semana que acaba de comenzar.

Método

- Estandarización de la información disponible: Para la realización de los casos, algunos doctores tienen requerimientos especiales que hay que cumplir, muchos de estos requerimientos van en contra de los protocolos de la empresa, pero estas variantes en los casos están consideradas en la

calidad del proceso, por lo que aunque la empresa tenga su propio protocolo, este no debe sobreponerse a lo que un cirujano demande, lo que ocurre es que muchos cirujanos piden las mismas características especiales, pero dentro de los archivos que se utilizan para cada doctor, estas especificaciones se encuentran redactadas de forma diferente, por lo que su interpretación puede ser confusa para muchos ingenieros, lo que hace que se equivoquen en el proceso y luego haya que devolver los casos para poder arreglarlos.

- Procedimientos no documentados: En el proceso llegan a ocurrir cambios en las guías, en los procedimientos y demás, muchos de ellos por requerimientos de los doctores o porque se integran nuevas formas de realizar el proceso, agregando o quitando partes en la elaboración de las guías, lo que ocurre es que en estos casos tienden a existir personas especializadas en este tipo de casos, por lo que cuando ellos faltan u otro ingeniero se asigna este tipo de casos, nadie más sabe cómo hacerlos, porque no existen documentos para poder realizarlos, así que el cometer errores en este tipo de casos es casi inevitable.
- Estandarización de la revisión: Este es uno de los puntos más críticos del proceso, debido a que en este procedimiento es donde se realiza la revisión de la elaboración de las guías. Existen problemas en este punto debido a que aunque existen parámetros para las revisiones muchos de ellos tienden a ser subjetivos, o no están completamente especificados, por lo que muchos errores se colocan de forma innecesaria, y muchos otros que son

más críticos no son reportados, por lo que trabajar en la estandarización de reporte de errores es necesario para poder tener una evaluación más real del desempeño de la calidad del departamento.

4.1.7. Análisis de los 7 desperdicios

Para poder reconocer los principales desperdicios del proceso que se analiza, se realiza un cuadro de acuerdo a una lluvia de ideas dada por los ingenieros durante el tiempo de trabajo, para aprovechar el tiempo de la realización de casos de la mejor manera, por lo que mientras se realizaban los casos, se tenía una conversación de equipo gracias a los nuevos cubículos con los que cuenta la empresa, donde se vuelve un ambiente más cálido y se puede conversar con las personas a su alrededor, aprovechando eso, cada uno aportó ideas de acuerdo a su propia experiencia dentro del proceso y de lo que se observa día con día en el departamento.

Muchos de estos desperdicios pueden atacarse con la implementación de mejoras sencillas en el proceso que permitan eliminar los desperdicios, de esta manera aprovechar mejor los recursos con los que cuenta el equipo.

Análisis de desperdicios					
Sobreproducción	De acuerdo a una lluvia de ideas del equipo, no existen desperdicio por sobreproducción				
Esperas	Esperar a que los técnicos envíen los huesos que estan mal	Esperar a que la hoja para la realización de los apéndices este disponible	Que se arreglen los casos que tuvieron defectos	Atención de dudas por parte de otros ingenieros	Cuando la computadora se pone lenta porque el sistema no funciona
Transporte	No existen desperdicios de transporte en el proceso debido a que no se mueven materiales ni gente				
Sobreprocesamiento	Agregar detalles a los apéndices que no son necesarios	Realizar cortes que no son necesarios en las guías que se trabajan	Terminar de "pulir los prints"	Hacer mas clics de los necesarios, no conocer las técnicas rapidas que puedan ayudar al proceso	
Inventarios	Existen muchos casos terminados por parte de procesamiento de imagenes que ocasionan un cuello de botella en ingeniería	Cantidad de casos pendientes por revisar al final del proceso			
Movimientos	Pasar los casos del servidor al escritorio	Poco aprovechamiento de las herramientas brindadas para agilizar el proceso (mouse, teclado)	Movimientos innecesarios de los huesos dentro del programa		
Retrabajo	Hacer los casos desde cero si algo salió mal	Tener que corregir errores de los compañeros o propios	Casos rechazados, aunque esto no dependa del ingeniero sino del cirujano	Realizar procesos dos veces dentro del mismo proceso	Estandarización de procedimientos en la elección de implantes o corrección de errores

Cuadro 8. Análisis de desperdicios

Fuente: Departamento de ingeniería

4.1.8. Diagrama de flujo

El proceso que se realiza en el área de ingeniería tal y como se observa en la figura número 13, comienza con la recepción de los archivos en los casos, estos casos son creados desde el proceso realizado en el departamento anterior donde el encargado de la recepción de los scans, crea la carpeta correspondiente al caso con el número del mismo y los archivos necesarios para su procesamiento. En el área de procesamiento de imágenes se crean los modelos en 3D de los huesos a partir de los diferentes scans que ingresan al sistema, estos pueden ser de tipo MRI (resonancia magnética) o CT (Tomografía axial computarizada), a través de estas imágenes se crean los modelos en tercera dimensión de cada uno de los pacientes a los cuales se les asigna un número diferente de caso, los cuales comúnmente están numerados como CASEXXXXX sustituyendo las equis por el número correspondiente, luego de que los modelos son creados estos pasan a ser la materia prima del departamento de ingeniería.

En este departamento luego de recibir los archivos, cada uno de los ingenieros tiene la responsabilidad de asignarse un caso, luego de asignarse el caso, este a través de un macro creado para el departamento, se descarga el archivo al escritorio, y se abre el archivo de Solidworks correspondiente al caso, se buscarán las herramientas necesarias para el alineamiento del caso, las cuales son los requerimientos del doctor, o las notas correspondientes en el PCMS (plataforma donde se encuentran todos los datos de los casos).

Se alineará el caso según el protocolo establecido para cada tipo de caso, y la tecnología que requiera cada uno, además de las especificaciones del cirujano, luego

de esto, con el caso completamente alineado y las tallas requeridas, se procede a la realización de las guías de corte, estas guías de corte se realizan para que en una cirugía, el proceso de corte del hueso para la colocación del implante sea más fácil y menos invasivo por lo que la recuperación del paciente es más sencilla.

Con las guías de corte listas, y el alineamiento completo, se procede a la generación del reporte que será enviado al cirujano, este reporte contiene todas las características y medidas del caso necesarias para la evaluación del cirujano, estas medidas, imitan la condición anatómica normal del paciente para que la estabilidad sea más precisa, por lo que a todo este procedimiento se le llama planeamiento pre operativo asistido por computadora.

Al finalizar la creación del reporte, el caso pasará al siguiente paso, el cual consiste en la revisión por parte de otro ingeniero, esta revisión debe llevarse a cabo con sumo cuidado ya que al menor error, el cirujano podría tener complicaciones durante la cirugía y la empresa podría llegar a tener problemas, por lo que en esta revisión se asegura que el caso este completo y que cumpla con todos los requerimientos del cirujano, si esto no es así, el caso será devuelto al paso anterior donde el ingeniero encargado del procesamiento de este, deberá realizar las modificaciones correspondientes, para su posterior revisión nuevamente. Si resulta que el caso está completamente bien desde el principio, se subirán a la plataforma los archivos correspondientes para la evaluación del caso por parte del cirujano, quien será el encargado de la aprobación del caso para cirugía. Si algo del caso al cirujano lo le gusta, este devolverá el caso al paso anterior, para realizarle las modificaciones correspondientes e indicarle que todos los requerimientos fueron cumplidos. Si el

doctor decide aprobar el caso, este enviará un mensaje al área de construcción de las guías, donde estas serán impresas en una máquina de impresión 3D, serán limpiadas medidas y evaluadas, para luego enviarlas al doctor para su utilización en la cirugía.

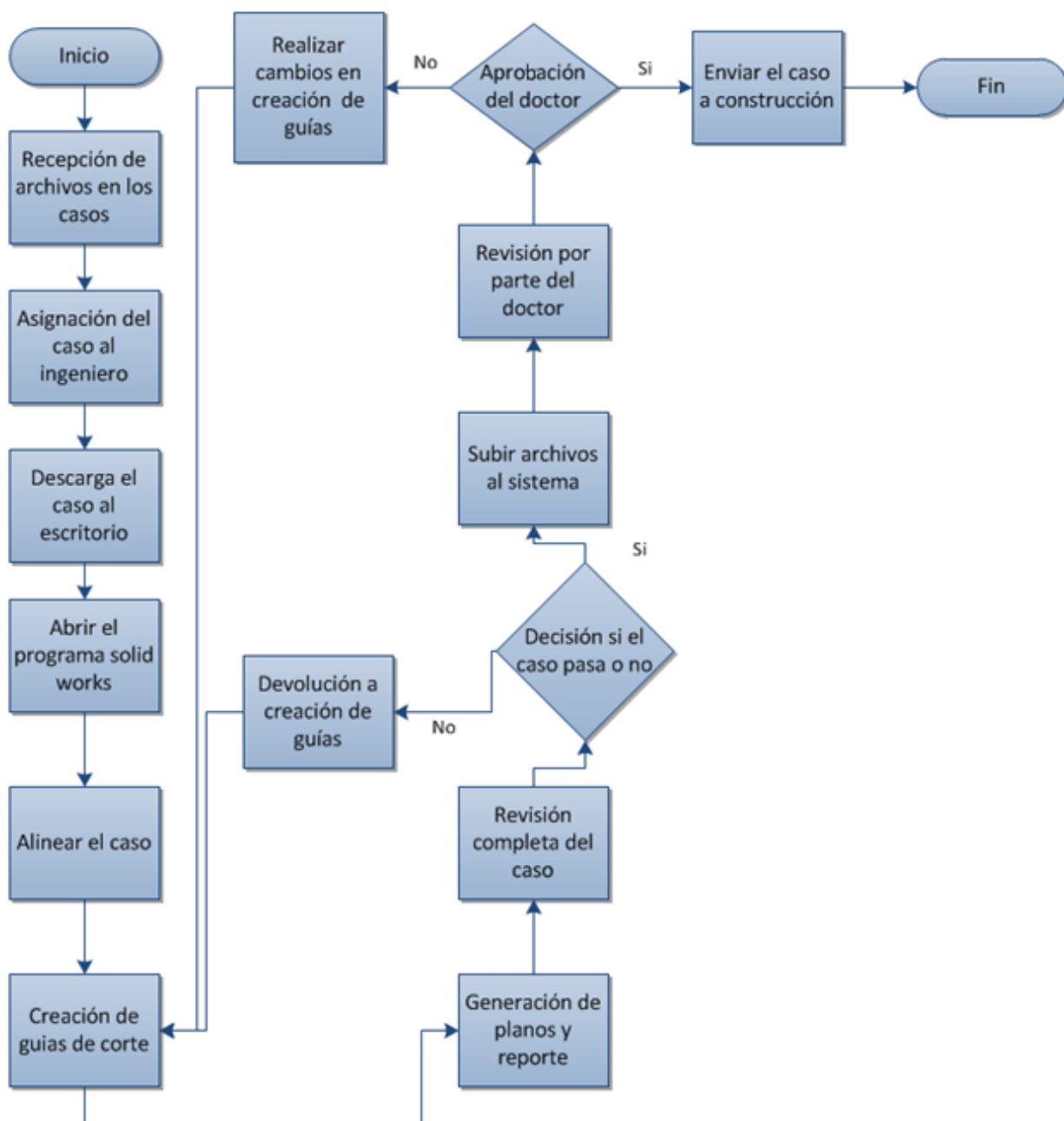


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso realizado en el departamento de ingeniería

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. SIPOC

Para entender el funcionamiento del proceso que se está realizando en el departamento y lo que esto implica en los pasos posteriores y anteriores al mismo, además del diagrama de flujo que resulta un poco más general, el SIPOC ayuda a entender mejor esto, reconocer las condiciones o requisitos necesarios para un correcto desempeño en el proceso es necesario para tener una noción de las implicaciones que la calidad tiene para cada punto del proceso, además describe de forma general los resultados de cada una de sus partes.

Proveedor	Entrada	Actividad	Salida	Cliente
Departamento de procesamiento de imagen	Modelos de la rodilla en 3D	Alineamiento de la rodilla	Rodilla alineada	Ingeniero que está procesando el caso
Ingeniero que está procesando el caso	Rodilla alineada	Creación de las guías de corte y generación de reporte	Guías y reporte terminado	Ingeniero encargado de la revisión
Ingeniero que proceso el caso	Guías y reporte terminado	Revisión del caso completo	Reporte para el cirujano	Cirujano
Ingeniero encargado de revisión	Reporte del caso	Revisión y aprobación del caso	Caso revisado y aprobado	Manufactura
Cirujano	Reporte aprobado	Construcción de las guías	Guías construidas	Cirujano

Cuadro 9. SIPOC

Fuente: Elaboración propia

4.2. MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

A partir de la definición del problema se buscan los diferentes factores que están influenciando a que el proceso presente una disminución en la calidad de los ingenieros. Se busca atacar cada una de las variables involucradas en el proceso así como analizar de manera cuantitativa las causas nombradas durante el diagrama de Ishikawa.

Ya que se busca mejorar los resultados durante el segundo semestre en la calidad de los ingenieros del departamento, este se dividirá en 2 trimestres, siendo el trimestre 1 de julio a setiembre y el trimestre 2 de octubre hasta diciembre, esto debido a que durante el primer trimestre, no existieron mejoras en el proceso, el análisis de errores es más real, además de que durante el segundo trimestre, es cuando se plantea la implantación de las mejoras para el proceso que ayuden a subir la calidad durante el último semestre completo.

4.2.1. Análisis de errores en la base de datos

Para analizar los errores de forma más puntual se observan las incidencias de los errores en el departamento y lo que cada uno de ellos implica además de explicar en qué consiste cada uno de ellos. Además, se muestran los productos en los cuales se cometen los errores y el objetivo principal del departamento.

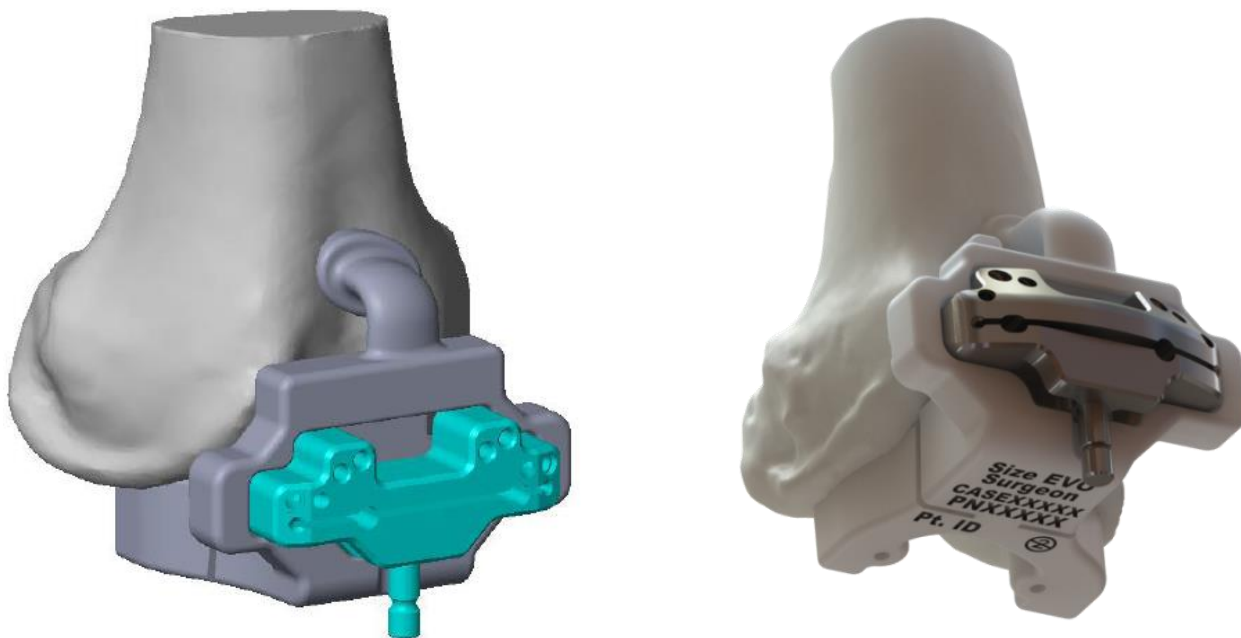


Figura 18. Guías de corte del fémur

Fuente: Departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics

La imagen de la guía de corte del fémur es únicamente ilustrativa, las guías finales cuentan con nombre del paciente, el nombre del cirujano el número de caso entre otros, pero en esencia, la guía es la figura gris que está apoyada sobre el fémur, y la pieza color cian, es una de los implementos que se utilizan en la cirugía para hacer los cortes correspondientes.

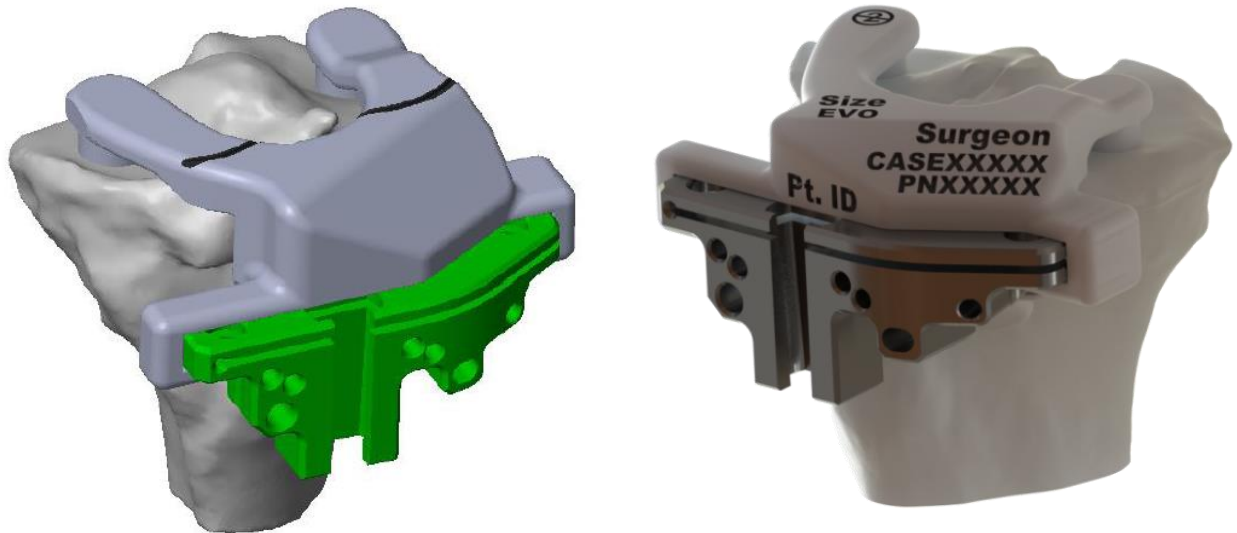


Figura 19. Guías de corte de la tibia

Fuente: Departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics

La imagen de la guía de corte de la tibia es únicamente ilustrativa, las guías finales cuentan con nombre del paciente, el nombre del cirujano el número de caso entre otros, pero en esencia, la guía es la figura gris que está apoyada sobre la tibia, y la pieza color verde, es una de los implementos que se utilizan en la cirugía para hacer los cortes correspondientes.

Durante los meses de julio a setiembre, la cantidad de casos que terminaron el proceso fueron de 728, mientras que la cantidad de errores cometidos durante ese periodo fueron de 345, lo que estima un 47.39% de errores en los casos, esto podría interpretarse como que casi la mitad de los casos recibidos tienen errores en el proceso, por lo que analizar qué tipo de errores son los más comunes, es necesario para saber qué es lo que se debe atacar.

Cantidad de incidencias en el segundo semestre (julio, agosto, setiembre)

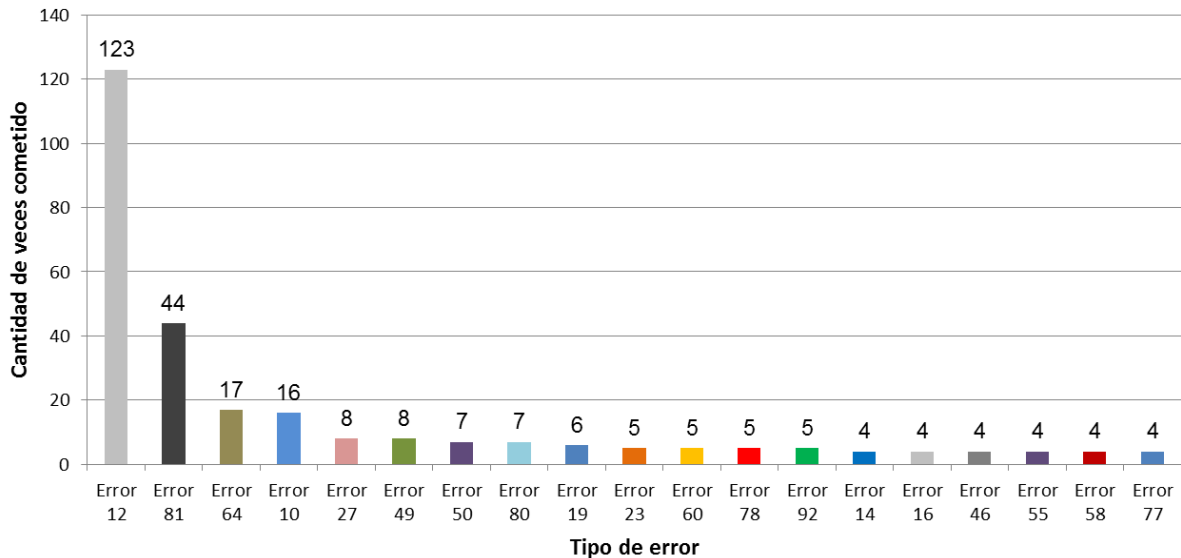


Figura 20. Cantidad de incidencias en el segundo semestre de 2019

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Para este análisis se observan los errores graficados con mayores incidencias, los errores con 3 incidencias o menos, son muy poco comunes en el proceso por lo que se podrían analizar y corregir desde una base más sencilla, además de que los errores que se cometen una o dos veces en el proceso y no vuelven a aparecer, corresponden a errores cometidos por los nuevos ingenieros que están acoplándose al método de trabajo.

Error 12 (Check appendixes and Case information): Este tipo de error es el más común, el cual consiste en la generación del reporte con las características que el cirujano y el protocolo pide para un adecuado funcionamiento del producto final, estos reportes es lo único que el cirujano ve antes de la cirugía, por lo que todo tiene que ir completo con las especificaciones necesarias, los apéndices y demás notas que el

doctor requiera, aunque este error es general, se derivan varias causas, pero se clasifica como un solo error, ya sea equivocarse del lado de la pierna, de la resección de alguno de los dos huesos, nombre del paciente o del caso mal, o que la fecha de cirugía sea incorrecta, todo eso se evalúa en este tipo de error.

Error 81(Cut extrudes and Fillets placed (Not Conforming)): Este es un tipo de error que está dentro de la categoría de errores en la tibia, consiste en que en la guía de corte de la tibia hicieron falta algunas curvas o cortes necesarios debido a la anatomía de la pierna.

Error 64 (Cut extrudes and Fillets placed (Not Conforming)): Este error a pesar de llamarse igual al error anterior, está dentro de la categoría del fémur, consiste en lo mismo del error anterior pero localizado todo en la guía de corte del fémur.

Error 10 (Images Correct): Otro tipo de error común en el proceso es equivocarse con las imágenes que van en el reporte, que estas no se encuentren en condiciones óptimas, que les falte algún requerimiento, o que no sean las fotos de la talla correcta.

Error 27 (M/L Compartments): Durante el alineamiento de un caso, hay que colocar ciertos puntos de referencia, esto para que el implante y la guía queden puestos de la forma más natural posible en el hueso. Durante el proceso de alineamiento de la guía, hay ciertos puntos que se ponen en los compartimentos, estos puntos se colocan siguiendo un protocolo, muchas veces no son colocados de manera correcta por lo que los cortes en el hueso pueden variar drásticamente haciendo que el corte final no sea real y el paciente llegue a tener alguna complicación cuando vuelva a caminar.

Error 49 (Guide / Cutting block fixed): Siempre las guías del fémur deben estar fijas en la posición que se asignaron, ya que las guías adoptan la referencia del hueso para

poder realizar los cortes correspondientes, si las guías no están fijadas, esta referencia puede variar, haciendo que al final los instrumentos durante la cirugía no calcen con la guía de corte.

Error 50 (Distance from fémur ($2 < D < 3\text{mm}$)): En las guías hay muchas distancias que se deben respetar más que nada para dimensionamiento de las mismas y para ahorrar en materiales a la hora de construirlas, además de que durante la cirugía, estas distancias ayudan a que se tome en cuenta el cartílago del hueso, ya que en los scans, el cartílago no se ve dependiendo del tipo de imágenes que sean tomadas.

Error 80 (Thickness (cavity and guide faces $> 4\text{mm}$)): Este es un punto crítico en la construcción de las guías, estas se fabrican en nylon en una impresora en 3D, se deben cumplir con espesores mínimos para evitar que las guías se quiebren o salgan con agujeros, además de que para poder colocar de manera confiable toda la nomenclatura necesaria en las guías, estas deben tener un espesor mínimo para no traspasarla y que esto pueda ocasionar algún tipo de contaminación dentro de la cirugía, por el polvo que el nylon genera.

Error 19 (Distal M/L Extent): Esto es parte del alineamiento y de los puntos pero estos se refieren al fémur, puntos importantes para la realización de los cortes y la colocación del implante.

Error 23 (Medial 1/3 tubercle Medial tubercle): Parte del alineamiento de la tibia, depende del tipo de caso que se trabaje y de las especificaciones del cirujano.

Error 60 (Periscope placement): El periscope es una pieza que forma parte de la guía del fémur y ayuda a dar soporte en la parte anterior del hueso, le da estabilidad a la guía, muchos de los errores cometidos aquí es dejar un espesor más grande o más

pequeño del establecido, colocarlo muy centrado, o que se desperdicie demasiado material colocándolo más alto de donde debería ir.

Error 78 (Drop Rod angle MIS = posterior slope): Esto forma parte de algunas guías de la tibia, las que se llaman pin alignment, esta parte se utiliza para ver la alineación de la tibia con el tobillo, se utiliza más para verificación que para utilización de instrumentos de corte, aun así, en ocasiones, la distancia en la que debe realizarse no es la adecuada y esto puede ocasionar que el instrumento para la verificación que utiliza el cirujano, choque con las guías de corte o no muestre el Angulo real.

Error 92 (All dimensions / tolerances are correct): El error más común en los planos, no contar con las dimensiones completas, o con las especificaciones necesarias, esto lo utilizan en inspección para verificar que las guías cumplan con las medidas específicas requeridas

Error 14 (Fémur Rotation (check one)): La rotación del fémur dependerá del cirujano, y del tipo de caso, cometer un error aquí ocasionaría tener que devolver el caso y procesarlo en un 50% nuevamente ya que esto cambia por completo el alineamiento del fémur.

Error 16 (Rod Insertion point): Este punto que se marca en el fémur, determina donde se hará el primer corte el cual atraviesa gran parte del canal del fémur

Error 46 (Cutting block placement): Colocar bien cada una de las partes contribuye a que la colocación siguiente de las herramientas necesarias para la cirugía sea más sencilla, si estos no coinciden las guías de corte no podrán ser utilizadas.

Error 55 (CT/MRI: Distal holes coincident with 4in1 block Axes): Otro de los errores que tienen que ver con los instrumentos utilizados en la cirugía.

Error 58 (Angel wings match 4in1 block): Este también, la guía debe calzar con el 4 in 1 block, otro instrumento utilizado en las cirugías.

Error 77 (Sharktooth if requested): Este es un error que se determina principalmente por el desperdicio de material y evitar quebraduras, ya que al ser una parte muy pequeña de la guía, si no tiene el espesor mínimo, podría quebrarse ocasionando contaminación en la cirugía o incluso llegar a cortar el guante del cirujano.

4.2.2. Errores por región

Analizar los errores por la región brindará un panorama más amplio para determinar cuál es la región con mayor problema de errores, e identificar si esto se debe al cirujano y sus especificaciones o a los ingenieros encargados de esas regiones.

Porcentaje de participación por país

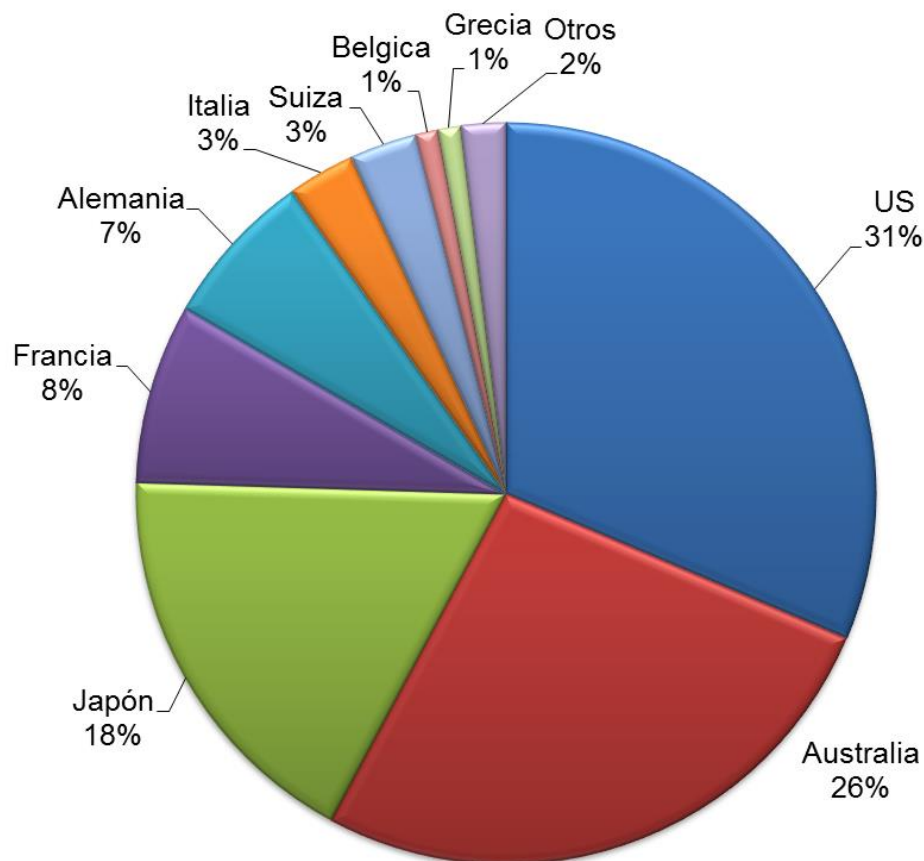


Figura 21. Porcentaje de participación por país

Fuente: Supervisión de ingeniería

Es importante analizar el peso en la cantidad de casos que llegan al año de acuerdo a las regiones a las que pertenecen, además saber cuáles de estos países están dentro de las regiones en las que se divide el departamento de ingeniería. Los datos brindados de la cantidad de doctores al año que se encuentran dentro del proceso son dados por el supervisor del departamento, ya que él es el encargado de

manejar estos datos de forma general en el proceso y así, controlar los cirujanos que entran o salen de estos procedimientos.

Equipos		
USA	AUS	EJG
US	Australia	Japón
Canada	Belgica	Suiza
Italia	Francia	Reino unido
España	Alemania	
	Grecia	

Figura 22. Equipos de trabajo y sus países

Fuente: Supervisión de ingeniería

Para analizar los datos existentes en el proceso se utiliza la muestra no probabilística por tipo, la cual sería, muestra de casos-tipo, la cual según (Hernández & Mendoza, 2018):

Se utiliza en estudios cuantitativos exploratorios y en investigaciones de naturaleza cualitativa, en el que el objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, no la cantidad ni la estandarización. En estudios con perspectiva fenomenológica y etnográfica, en los que el objetivo es analizar los valores, experiencias y significados de un grupo social, es frecuente el uso de muestras tanto de expertos como de casos tipo (p.430).

Además, se utiliza la muestra por oportunidad la cual, “se trata de casos que de manera fortuita se presentan ante el investigador justo cuando los necesita. O bien, individuos que requieres y se reúnen por algún motivo ajeno a la investigación, lo que

te proporciona una oportunidad extraordinaria para reclutarlos” (Hernández & Mendoza, 2018, p. 432).

Todo esto debido a que no todos los meses se presentan la misma cantidad de casos y las personas no procesan la misma cantidad de casos durante todas las semanas, así que la incidencia de errores es aleatoria, por lo que una muestra no probabilística donde se analicen los errores por caso durante los meses de julio, agosto y setiembre, muestran un comportamiento ideal para trabajar sobre una base sólida en la formulación de mejoras en el proceso.

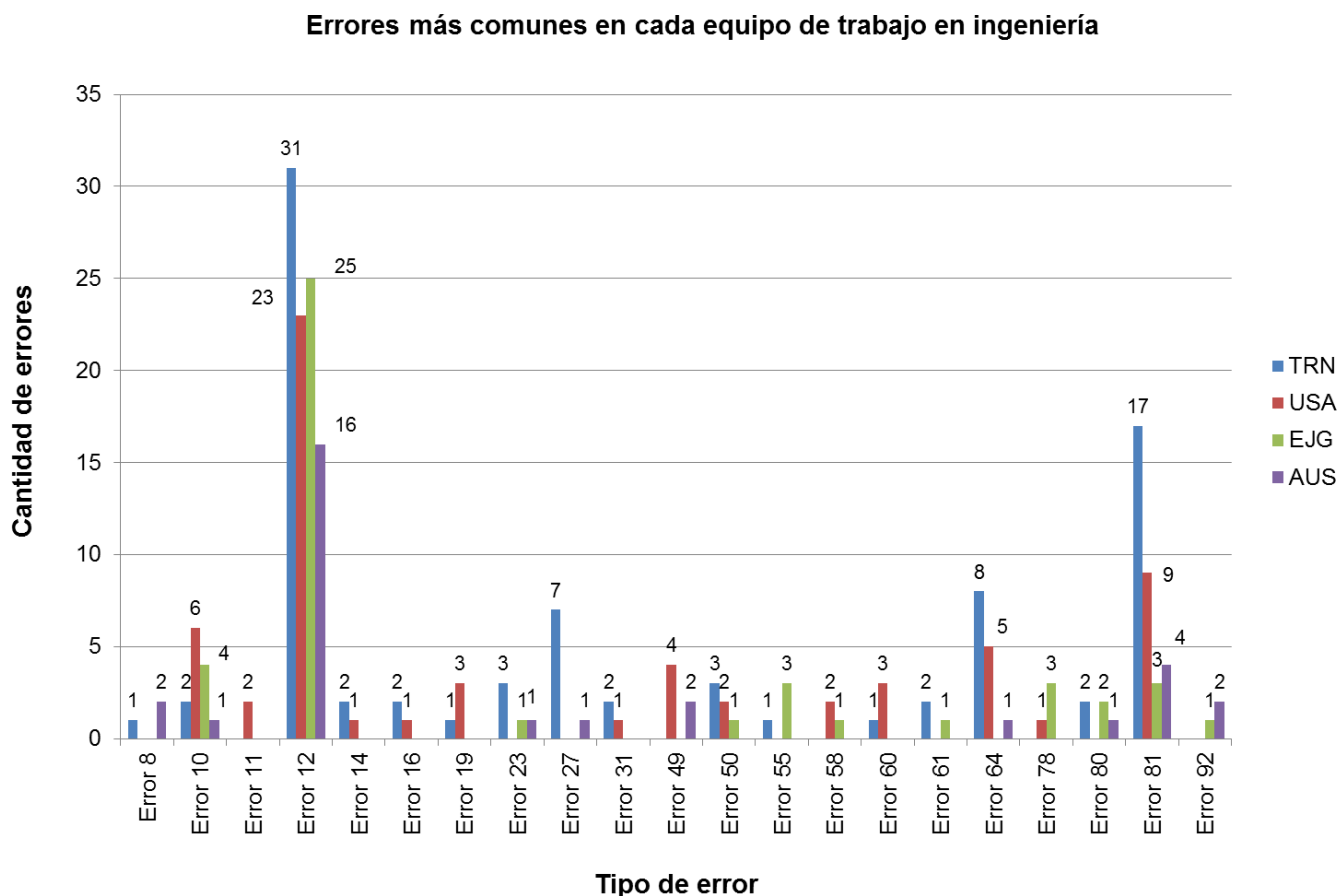


Figura 23. Errores más comunes en cada equipo de trabajo

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Por lo tanto para analizar los errores correspondientes a cada región es más fácil verlo por separado además de analizar que ingeniero de cada equipo tiene más errores y como pueden estos llegar a mejorarse, así que se presentan los errores por región según el mes que se esté analizando:

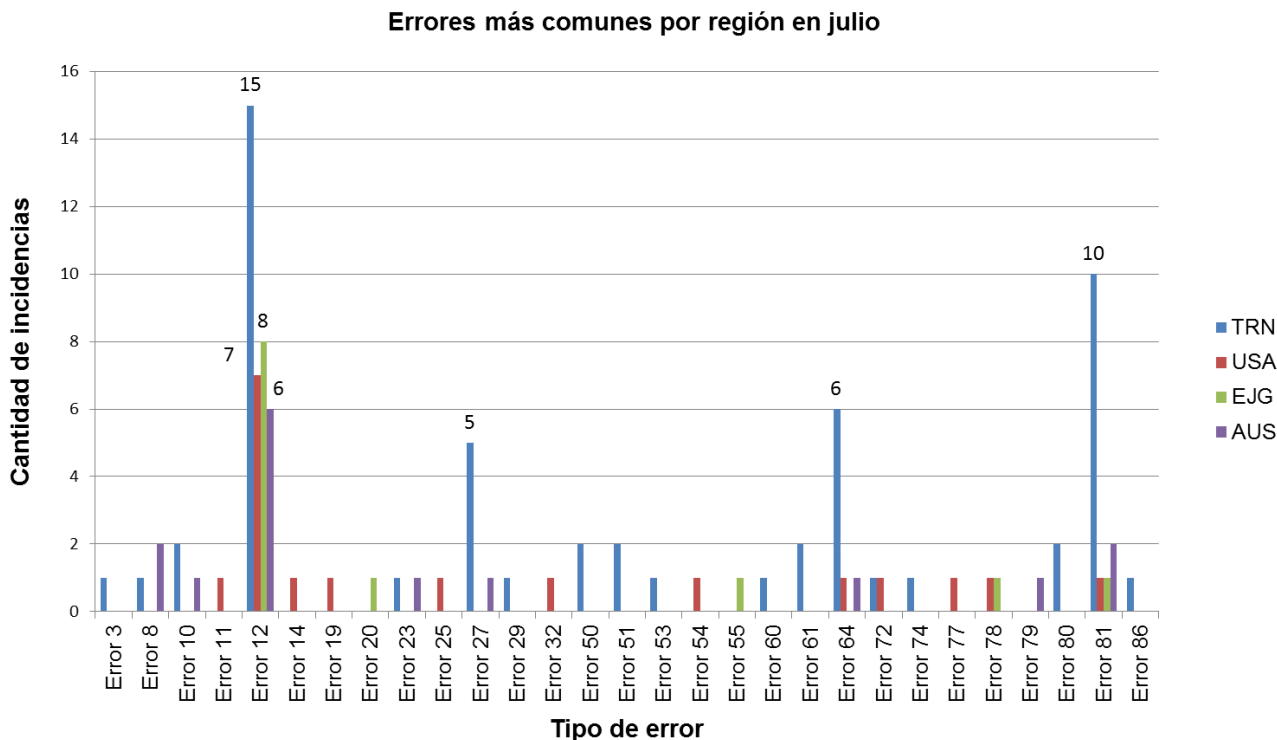


Figura 24. Errores más comunes por región en julio

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

En este gráfico se observa que la cantidad de tipos de errores es de 29, además, el equipo con mayor cantidad de errores durante el mes de julio, es el equipo de training, esto debido a que para este tiempo los ingenieros nuevos estaban ingresando a las métricas del departamento, por lo que aún la posibilidad de cometer errores en los casos era bastante alta debido a que estaban acoplándose al proceso y aprendiendo

acerca de los casos que realizaban, aunque para este punto ya debían haber mejorado significativamente para que la cantidad de errores representados en las métricas no fueran tan altos. Además se observa que la incidencia en los errores del departamento, son en errores poco comunes para otros equipos, por lo que esto demuestra que el equipo aún estaba en su proceso de aprendizaje, sin embargo, los datos más significativos en la cantidad de errores continua siendo el error 12, el cual se encuentra en los reportes.

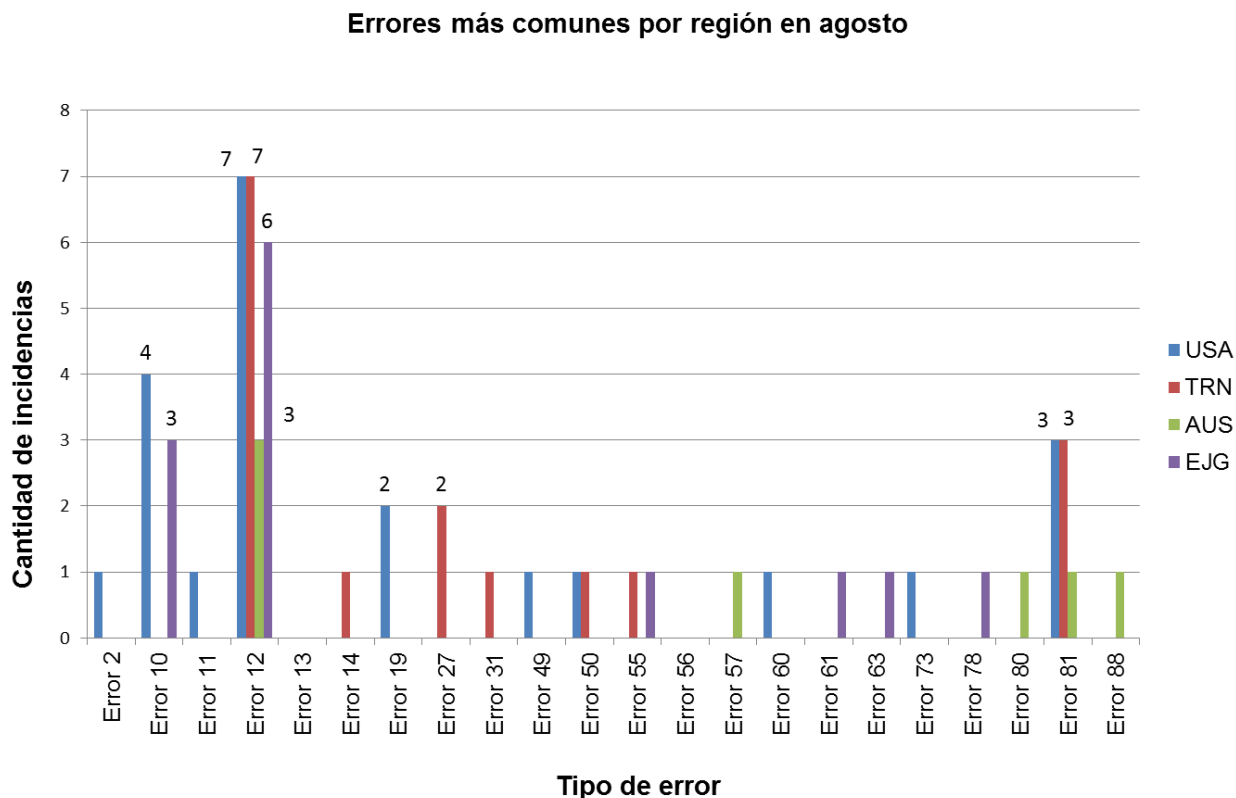


Figura 25. Errores más comunes por región en agosto

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para el mes de agosto se observa un comportamiento diferente donde la cantidad de errores por tipo disminuye a 22, además se observa que el equipo de USA, muestra mayor cantidad de errores que el mes anterior incurriendo en errores que son poco comunes para los ingenieros más experimentados, los cuales son los que ya están divididos por regiones, continua viéndose que el error 12 sigue siendo el más marcado sin embargo los errores 10 y 81, tienen un alza significativa para este mes.

Errores más comunes por región en setiembre

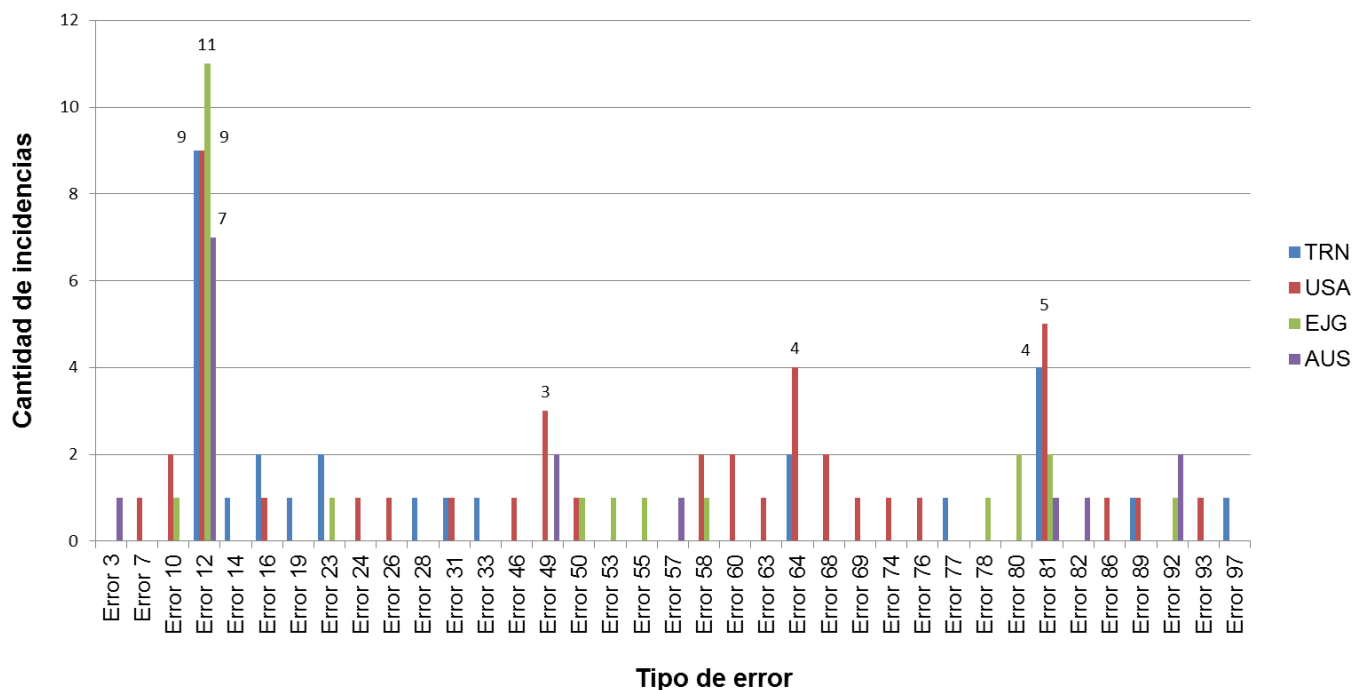


Figura 26. Errores más comunes por región en setiembre

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

En el mes de setiembre la cantidad de errores por tipo aumenta a 37, se observan mayores incidencias por parte de todo el equipo en el error 81 y en el error 64, sin dejar

de lado el error 12, el cual se encuentra presente durante todos los meses analizados, se puede notar también que el equipo con mayor incidencia de errores durante este mes, ahora es el equipo de USA, siendo este un comportamiento anormal dentro de las características anteriormente analizadas.

4.2.3. Errores por ingeniero

Para saber de dónde vienen estos errores, se analizan los grupos de trabajo de cada una de las regiones y los errores más comunes de cada uno de los ingenieros para poder dar mejoras dependiendo de cada uno, por lo que el análisis se haría más sencillo.

Para esto es necesario saber quiénes son los integrantes de estos equipos, para poder analizarlos en las regiones correspondientes:

USA	AUS	EJG	TRN
Ingeniero 3	Ingeniero 1	Ingeniero 5	Ingeniero 7
Ingeniero 6	Ingeniero 2		Ingeniero 8
	Ingeniero 4		

Tabla 9. Ingenieros por equipo

Fuente: Datos de calidad ingeniería de MicroPort Orthopedics

4.2.3.1. Errores por ingeniero de USA

Se analizan los datos de USA de acuerdo a las gráficas anteriormente analizadas, esto debido a que la mayor cantidad de errores de otros tipos además del error 12, lo cometen principalmente el equipo de USA y el de TRN.

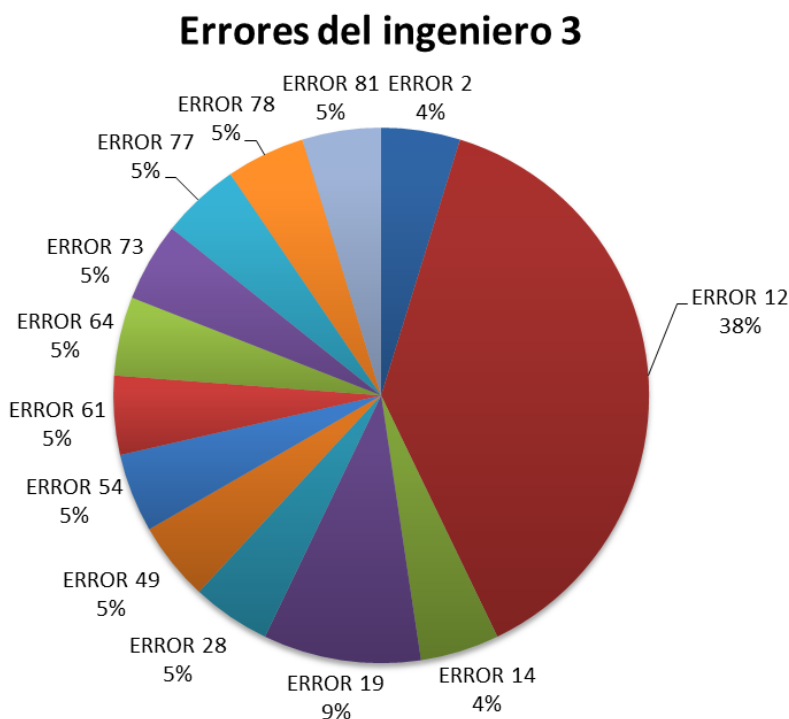


Figura 27. Errores del ingeniero 3

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Del 100% de los errores reportados por este ingeniero (13 tipos de errores diferentes), el error 12 representa un 38% (8 errores) de sus errores durante todo el semestre, mientras que el error 19 estando en segundo lugar, representa un 9% (2 errores) del total de los errores reportados para este ingeniero durante estos meses de julio a setiembre, los demás errores que representan un 5% cada uno equivalen a una cantidad de 1 en cada tipo de error.

Errores del ingeniero 6

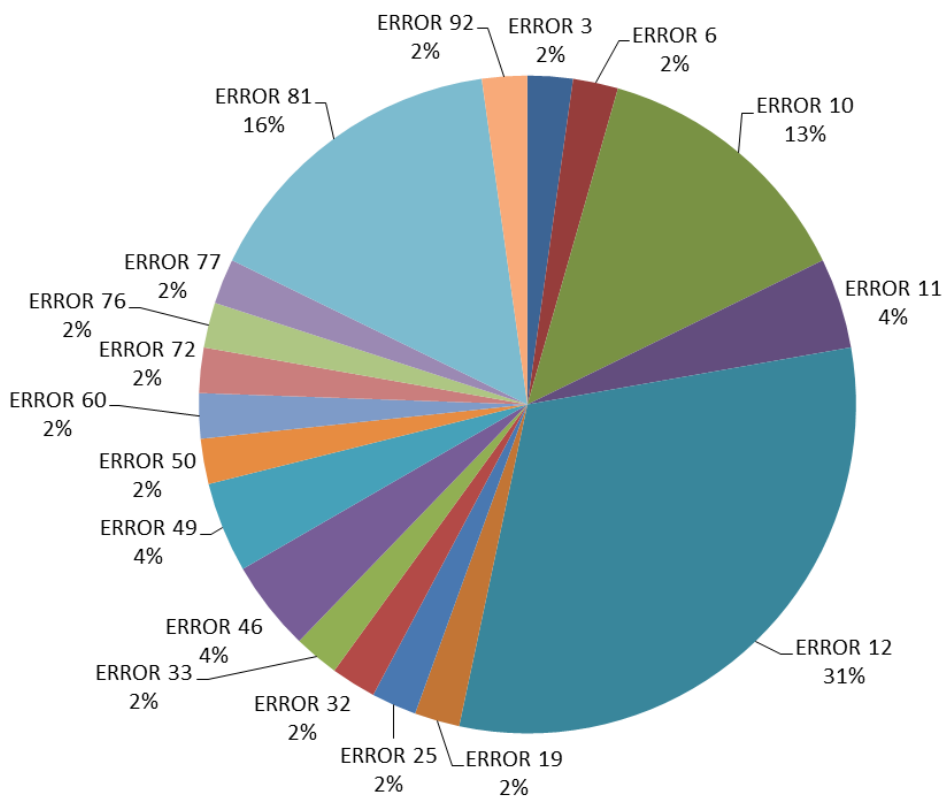


Figura 28. Errores del ingeniero 6

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero, la representación de sus errores es diferente debido a que la incidencia en mayor tipos de errores se ve reflejada en el gráfico, con 18 tipos de errores diferentes, los cuales de un 100%, el 31% (14 errores) corresponde al error 12, el más común de los errores en el departamento, el error 81 con un 16% (7 errores), siendo este error el que corresponde a los cortes necesario en las guías de la tibia, y el error 10 con un 13% (6 errores), el cual corresponde las imágenes que deben ir en el reporte, la diferencia entre el error 12 y el error 10 es que el error 12 son los

comentarios del reporte y el 10 es el que corresponde a las imágenes que están en el reporte.

4.2.3.2. Errores por ingeniero de AUS

Se analizan los datos del equipo de AUS, esto para lograr reconocer cual es el ingeniero con mayor cantidad de errores en el departamento, para así poder actuar sobre esto.

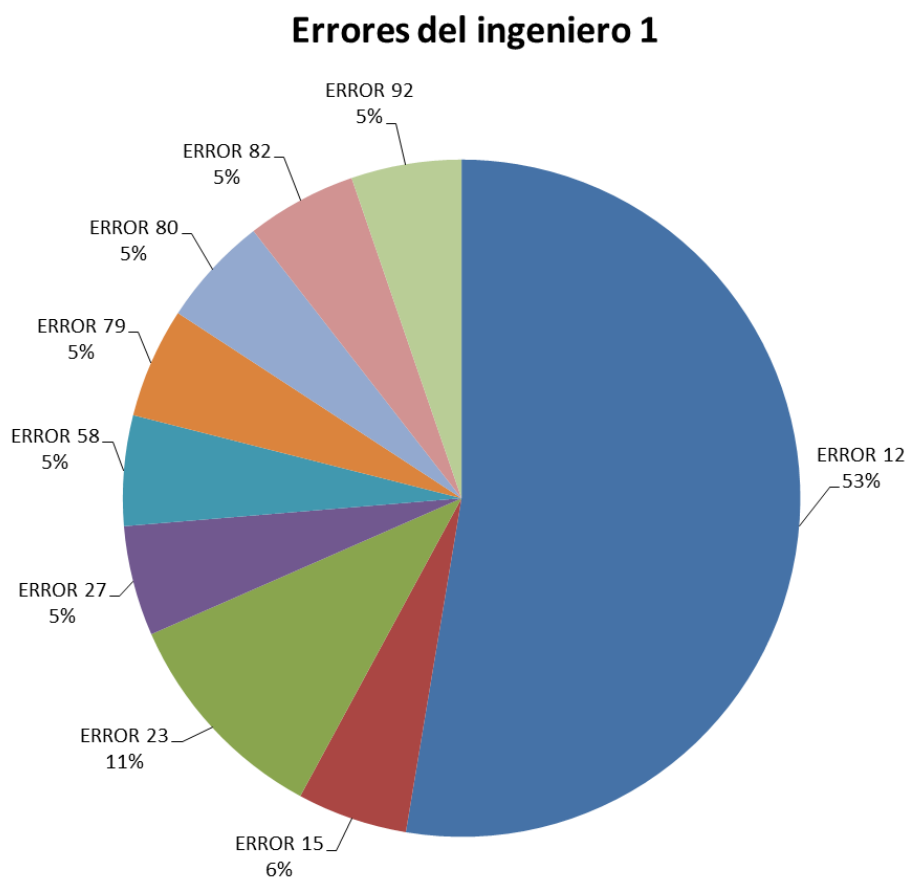


Figura 29. Errores del ingeniero 1

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero tiene únicamente 9 tipos de errores diferentes, de los cuales, del 100% de ellos analizados, un 53% corresponden al error 12 (10 errores), mientras que

el segundo error más común es el error 23 para este ingeniero, representando un 11% (2 errores) de la gráfica.

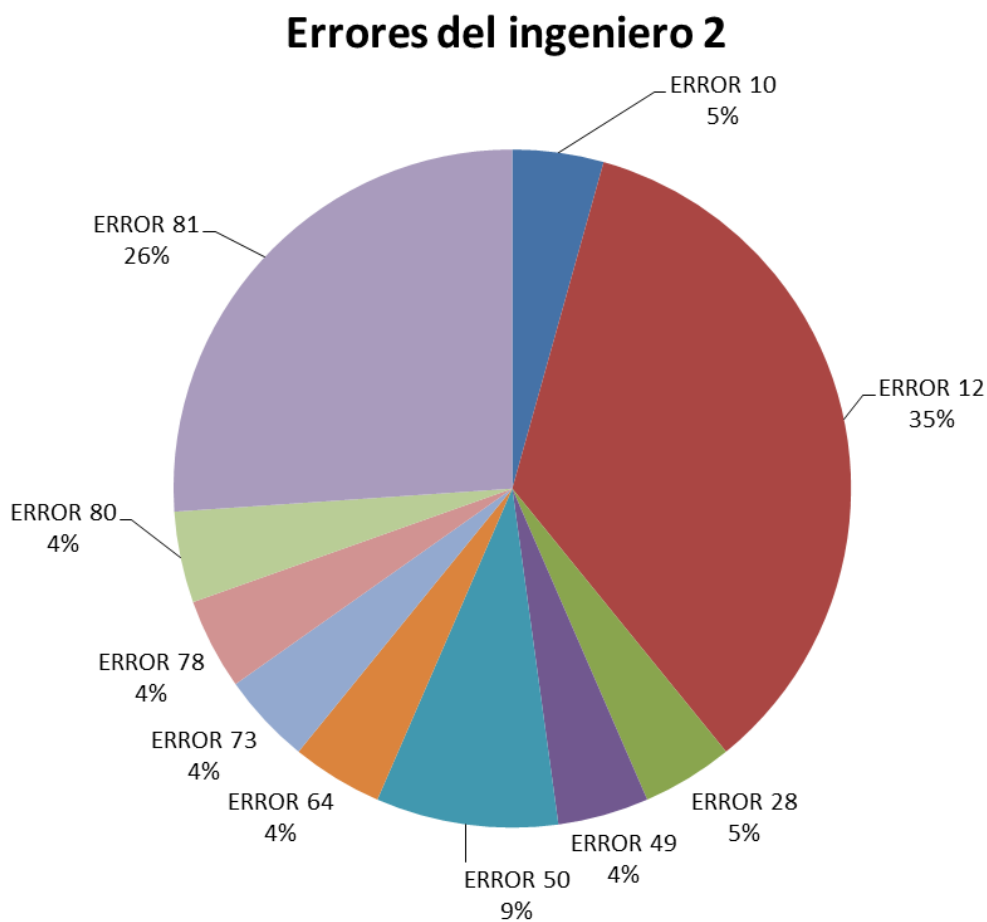


Figura 30. Errores del ingeniero 2

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Los errores del ingeniero 2 son de 10 tipos diferentes, de los cuales el 35% (8 errores) está representado por el error 12, un 26% (6 errores) por el error 81 y un 9% (2 errores) por el error 50, de estos errores, los más repetitivos entre ingenieros es el error 12 y el 81.

Errores del ingeniero 4

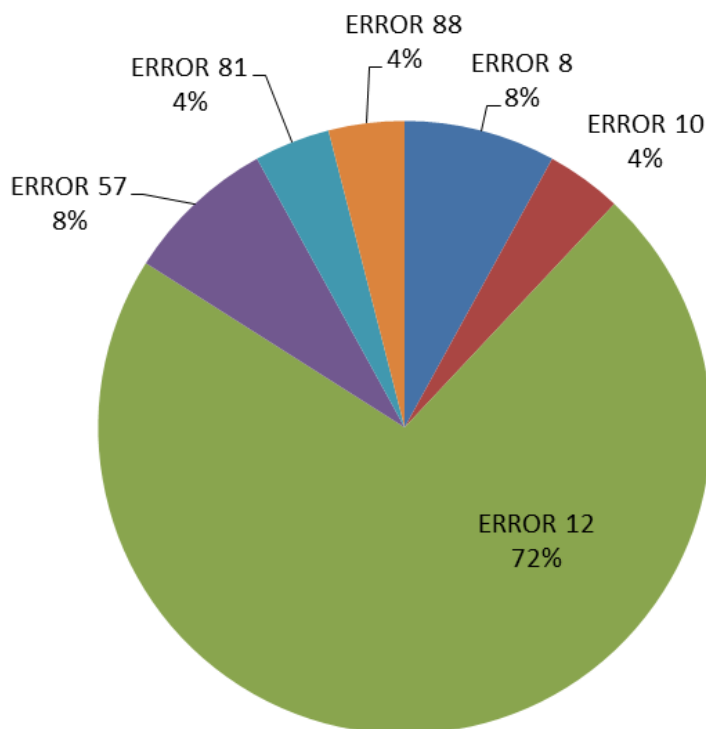


Figura 31. Errores del ingeniero 4

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este es el ingeniero con mayor cantidad de errores 12 dentro del equipo de AUS, del total de casos analizados para este ingeniero, tiene únicamente 6 tipos de errores diferentes, sin embargo, aun teniendo menos tipos de errores un 72% (18 errores) de los errores analizados de este ingeniero son del error 12, los otros dos con porcentaje igual de 8% (2 errores) son el error 8 y el 57.

4.2.3.3. Errores por ingeniero de EJJ

Para este grupo de EJJ, los casos y errores analizados corresponden a una sola persona, debido a que la cantidad de datos que se reciben al mes para procesar puede hacerlos un solo ingeniero, y en caso de necesitar ayuda, los demás ingenieros están

capacitados para realizar el proceso, así que se analizaran únicamente los datos del ingeniero 5, quien es el encargado de este subgrupo.

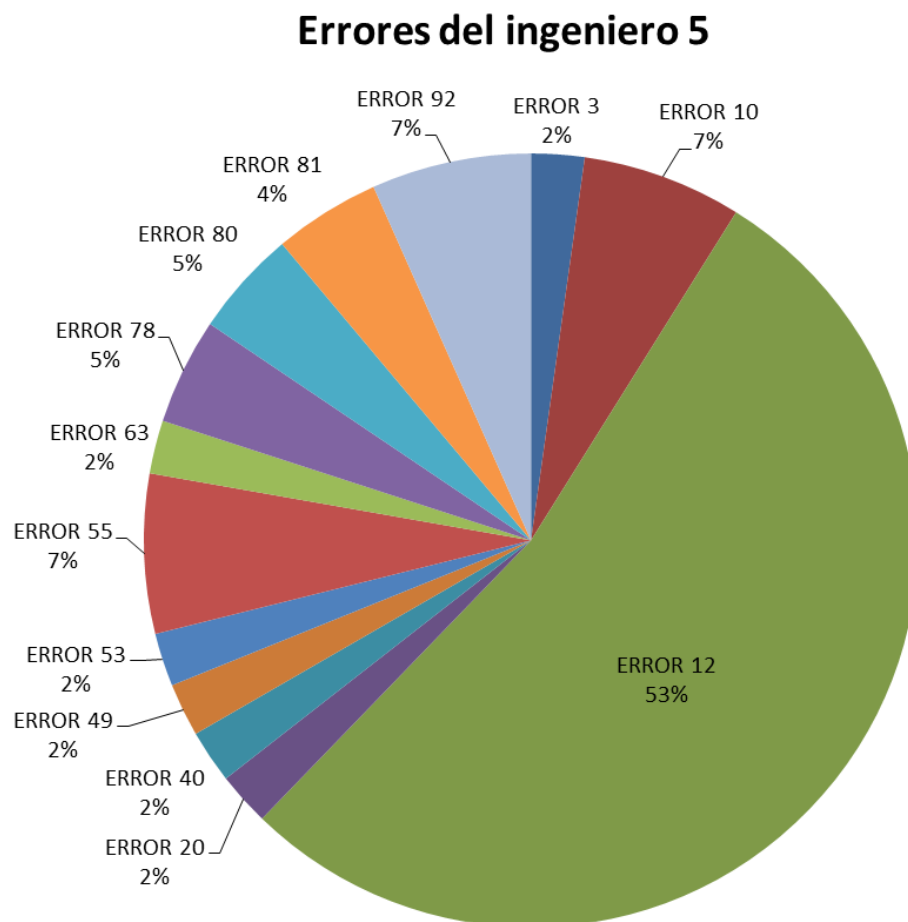


Figura 32. Errores del ingeniero 5

Fuente: Datos de calidad del departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero se observa que del 100% de los errores analizados, un 53% (24 errores) pertenecen al error de tipo 12, y los errores con 7% (3 errores) son el 55, 92 y 10, este ingeniero es el que presenta mayor cantidad de incidencias del departamento de ingeniería en el error de tipo 12.

4.2.3.4. Errores por ingeniero de TRN

Para este equipo se analizan los errores dentro del equipo de training, ya que a pesar de que su periodo de prueba terminó, a ellos se les sigue midiendo durante 3 meses más (Julio, agosto y setiembre) dentro de este equipo para poder ir analizando su progreso en la calidad., por lo que para el departamento es importante manejar los datos de ellos por aparte aunque ya se encuentren dentro de las métricas de calidad del departamento.



Figura 33. Errores del ingeniero 7

Fuente: Datos de calidad del departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero tiene mayor cantidad de tipos de errores dentro del proceso por lo que para graficarlos, se colocan únicamente los valores más significativos para hacerlo más visual, sin embargo, se detallan los tipos de errores y las cantidades en el siguiente cuadro:

Número	Ingeniero 7	Número	Ingeniero 7
ERROR 12	22	ERROR 8	1
ERROR 81	12	ERROR 24	1
ERROR 64	7	ERROR 29	1
ERROR 10	3	ERROR 49	1
ERROR 14	3	ERROR 51	1
ERROR 23	3	ERROR 55	1
ERROR 27	3	ERROR 58	1
ERROR 50	3	ERROR 72	1
ERROR 16	2	ERROR 74	1
ERROR 19	2	ERROR 77	1
ERROR 31	2	ERROR 80	1
ERROR 60	2	ERROR 86	1
ERROR 3	1	ERROR 89	1
ERROR 7	1		

Tabla 10. Cantidad de errores para cada tipo del ingeniero 7

Fuente: Datos de calidad del departamento de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero, de la cantidad de errores analizados, un 34% corresponden al error 12, un 19% al error 81 y un 11% al error 64, estos últimos dos errores son en los cortes de las guías, ya sean del fémur o de la tibia.

Errores del ingeniero 8

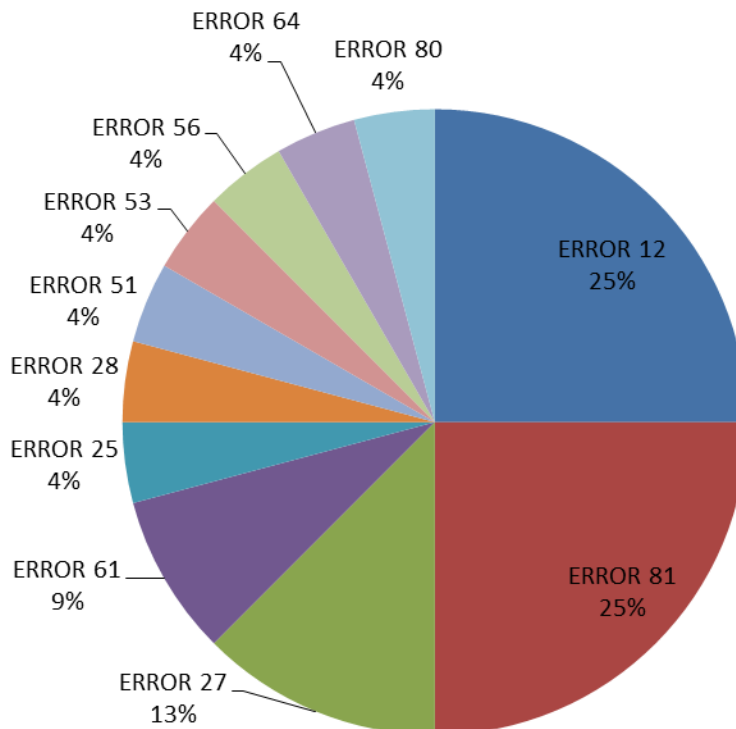


Figura 34. Errores del ingeniero 8

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero presenta menos errores que el ingeniero anterior a pesar de que ambos entraron casi al mismo tiempo, aunque este ingeniero entro al departamento 1 mes después que el ingeniero anterior, la cantidad de errores es considerablemente menor y la cantidad por tipos también, ya que por tipos, este ingeniero tiene únicamente 12 tipos, a comparación de los 27 tipos del ingeniero anterior, por lo que analizar las causas de estos errores es importante para poder actuar en futuros casos.

4.2.4. Gráfica de calidad de todos los ingenieros

Luego de analizar los errores del departamento, de analizar cuales ingenieros son los que tienen mayor cantidad de estos, los tipos y demás errores, es importante saber cuál es la implicación en los porcentajes de calidad de cada uno, recordando que el punto base para la calificación anual del desempeño es de 83%, se analizaran los datos de cada uno de los ingenieros a la semana 39 del año, la cual es la última semana de setiembre.

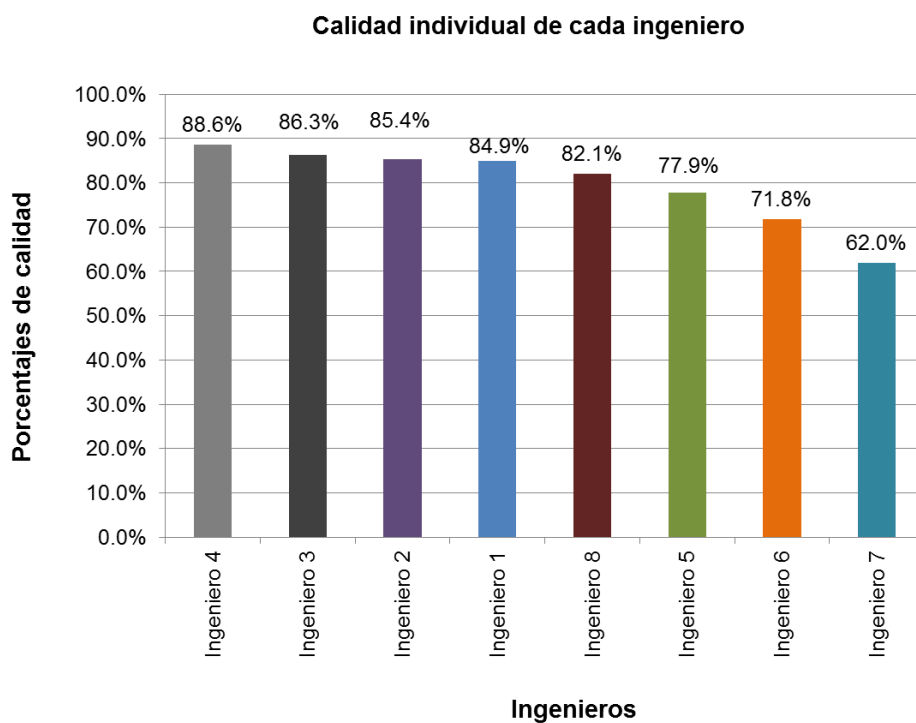


Figura 35 Calidad promedio para cada ingeniero

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

En este gráfico se observa la calidad promedio durante los 3 meses que se están analizando para estos ingenieros, se puede ver que los últimos 4 datos de la gráfica están por debajo del estándar establecido para el departamento, siendo los últimos 3

significativamente más bajos de lo esperado, además se observa que los primeros datos del departamento, no llegan a un 90%, manteniéndose en un rango aceptable aun así el ingeniero 1 y el ingeniero 2 se mantienen en límites peligrosos que podrían hacer que su calidad siga disminuyendo, trayendo problemas para la calidad general del equipo.

4.2.5. Porcentaje de participación de los doctores en el proceso y análisis de sus respectivos errores

Los cirujanos que se encargan de la realización de las operaciones trabajan en todo el mundo, muchos de estos cirujanos envían hojas con solicitudes especiales para cada caso, aunque se trabaje bajo un protocolo, los cirujanos pueden modificar algunos de los aspectos del proceso según a como ellos trabajen normalmente, por lo que se pretende analizar cuáles de los errores más comunes para estos cirujanos tienen que ver con estas respectivas indicaciones, para así reconocer si la hoja que el cirujano envía para el proceso, se encuentra mal redactada o si los ingenieros no logran entenderla bien.

Por cuestiones de confidencialidad no se mostrará el nombre de los cirujanos y los datos se analizarán de forma diferente, además de que la cantidad de cirujanos en el proceso sobrepasa a los 1000, se analizarán los doctores con mayor cantidad de errores repetitivos dentro de sus casos, lo que significa que estos al ser errores muy comunes para estos cirujanos podrían atacarse de forma más sencilla en el proceso.

4.2.5.1. Análisis

Se analizan los errores de los meses de estudio y estos a su vez se dividen en el cirujano en el que se cometen más errores, se observan que los cirujanos con errores

durante este mes son un total de 73, para los cuales de acuerdo a la cantidad de casos reportados con errores se dividen en subgrupos, para poder analizar a los cirujanos con más errores en el proceso y ver cuáles de ellos tienen errores repetitivos.

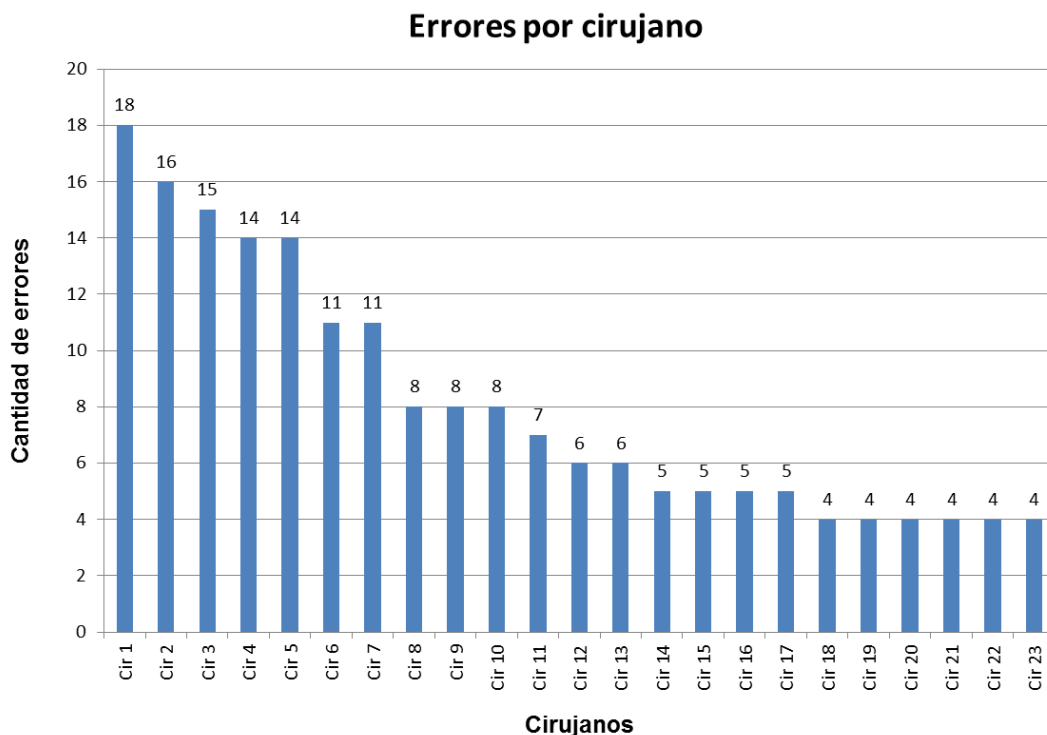


Figura 36. Cantidad de errores por cirujano

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

En este gráfico se observan los cirujanos con mayor cantidad de errores en sus casos, igualmente por motivos de confidencialidad, los nombres de los cirujanos estarán representados como CIR # mientras que dentro de la empresa, si se manejan los datos con los nombres de los cirujanos reales, se observa que para los cirujanos del 1 al 23 los errores son mayores que para los otros cirujanos, estos no son graficados ya que sus errores de acuerdo al análisis realizados, eran diferentes entre sí, y la cantidad no era significativa, por lo que se omiten para este análisis y se trabajará de

forma diferente para resolver este tipo de incidencias, sin embargo, para los cirujanos graficados se observa que el error más repetido dentro del proceso es el error 12, los demás errores reportados para cada cirujano son diferentes entre ellos, pudiendo variar desde el error 1 al error 96, por lo que analizar cada uno de ellos es innecesario, al igual que analizar los datos que ellos envían para la realización de los casos ya que al no existir una tendencia, los datos que se observan no tienen que ver con las especificaciones que envían, sino que todo está con respecto al reporte, y para solucionar esto, hay que tomar medidas distintas.

4.2.6. Estadística progreso de calidad

Para analizar el progreso en la calidad de cada uno de los ingenieros que entran al departamento se analizan las últimas 6 contrataciones, esto debido a que las primeras 2 fueron ingenieros que habían llevado el entrenamiento de alineamiento durante 3 meses antes de entrar de lleno al proceso de ingeniería, por lo que ya tenían un poco más de experiencia al realizar los casos, las segundas 2 contrataciones llevaron un entrenamiento completo antes de entrar al proceso, lo que significa que ellos tuvieron que aprender de alineamiento y realización de guías al mismo tiempo para comenzar a procesar los casos correspondientes, la diferencia con ellos es que ambos recibieron un entrenamiento más fugaz, realizándolo desde el mismo cubículo, donde se les explicaban los casos para que posteriormente ellos fueran a realizar uno por su propia cuenta, basándose en protocolos y en la ayuda que pudieran recibir de los otros ingenieros, y las últimas dos contrataciones aún se encuentran en su proceso de prueba donde tienen que estar 3 meses haciendo casos antes de entrar a las métricas de calidad total del departamento, estos últimos ingenieros llevaron un entrenamiento

más personalizado en una sala de reuniones con un ingeniero experimentado que explico igualmente todo el proceso para que ellos posteriormente con el acompañamiento de su entrenador pudieran hacer un caso solos, antes de que ellos entraran a hacer casos, tuvieron un acompañamiento real por parte de los encargados de la capacitación que se les debía brindar, siendo este entrenamiento más completo.

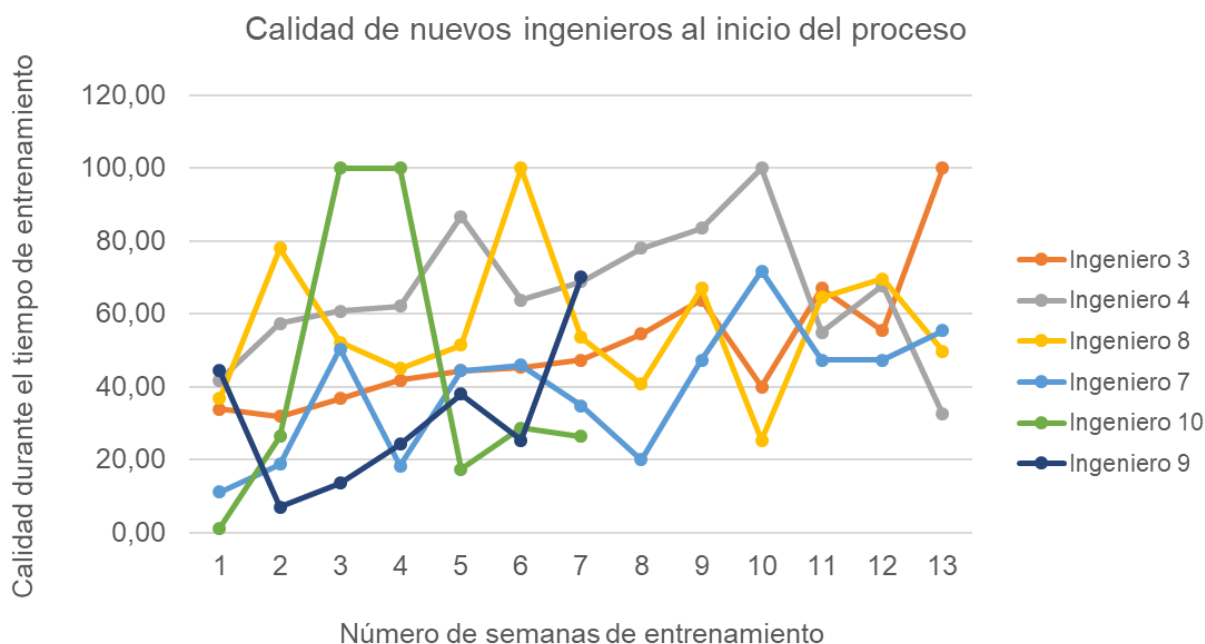


Figura 37. Calidad nuevos ingenieros al principio del proceso

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Al analizar el gráfico se observa que los ingenieros 9 y 10 están por la mitad de su tiempo de entrenamiento o prueba, por lo que se muestran los datos hasta donde están hasta el mes de octubre, además se muestra que los datos con valores más altos son los de los ingenieros 3, 4 y 8, por lo que los ingenieros que tuvieron un periodo de entrenamiento donde únicamente hacían alineamientos, tuvieron una adaptación más sencilla en el proceso de elaboración de las guías de corte, además de que al realizar

los alineamientos, adelantaban el proceso a los otros ingenieros que debían revisar los casos que ellos hacían para posteriormente realizar las guías, el ingeniero 8 tuvo una adaptación más rápida debido a que estaba colocado al lado de uno de los ingenieros con mayor experiencia en el proceso, mientras que el otro ingeniero no tenía compañeros cerca a quien consultar sobre su proceso por lo que debía ir a buscarlos para poder aclarar sus dudas, los nuevos ingenieros han estado por debajo de los datos de calidad de los otros cuatro ingenieros al inicio del proceso de capacitación a pesar de haber recibido un entrenamiento más acompañado y personalizado, por lo que analizar los entrenamientos de los 6 últimos ingenieros contratados es importante para poder mejorar el proceso.

4.2.7. ¿Cuánto le cuesta eso a la compañía en tiempo y dinero?

Para calcular cuánto le cuesta a la compañía la incidencia de errores en el departamento, se toma en cuenta el salario base al mes, el cual es de 800.000 colones, debido a que el tiempo en los errores se calcula en horas, se determinan los siguientes costos en tiempo y dinero para los meses de julio, agosto y setiembre

Salario base	₡800,000.00
Quincena	₡400,000.00
Día	₡ 26,666.67
Hora	₡ 3,333.33

Tabla 11. Salario base de ingeniería

Fuente: Departamento de ingeniería

Mes	Tiempo total	Costo total	Casos
Julio	33.25 hrs	₡ 110,833	16.6
Agosto	17.75 hrs	₡ 59,167	8.9
Setiembre	31 hrs	₡ 103,333	15.5
Totales	82.00	₡ 273,333	41

Tabla 12. Costos en tiempo y dinero de errores

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería

Según los datos mostrados, se están desaprovechando en promedio 13.6 casos al mes, lo que en colones significa ₡273.333, esto debido a los re procesos de los casos realizados, los tiempos para la realización de estos cálculos es un estimado según datos de tiempos de ingeniería, se dividen haciendo un cálculo con el supervisor del proceso, debido a que el cálculo de tiempo por cada tipo de error es más complejo ya que son 97 errores, y muchos de estos se cometen esporádicamente, por lo que de acuerdo al proceso de realización de los casos se saca un estimado de los tiempos que toma arreglar cada uno de esos errores.

Durante el mes de octubre fue necesario realizar horas extra durante un día, al calcular las horas que debieron pagarse a cada uno de los ingenieros se determina el costo total de ese día, con los 8 ingenieros con más experiencia trabajando ese día para agilizar el proceso.

Ingeniero	Cantidad de horas en la empresa	Costo	Casos	Duals
1	8	₡ 40,000.00	3	2
2	8	₡ 40,000.00	3	2
3	8	₡ 40,000.00	2	4
4	8	₡ 40,000.00	3	2
5	8	₡ 40,000.00	3	2
6	8	₡ 40,000.00	2	4
7	4	₡ 20,000.00	2	0
8	8	₡ 40,000.00	2	4
Totales		₡ 300,000.00	20	20

Tabla 13. Costo de horas extra para el departamento

Fuente: Elaboración propia según datos de ingeniería

Un solo día extra para el departamento de ingeniería le costó a la empresa un aproximado de 300.000 colones, se determina como aproximado ya que se toma el salario base de un ingeniero, y existen variaciones dentro del departamento, el costo de estas horas extra se hubiera podido evitar si las incidencias de errores fuera menor durante el mes y se pudiera aprovechar el tiempo para procesar los casos, la empresa se ahorraría esos 300.000 colones y se lograrían procesar los 20 casos que se procesaron un día extra, durante el transcurso de la semana.

4.2.8. Análisis de tiempo de procesamiento de los casos y si el estándar necesita un ajuste

El análisis de tiempos en este caso es necesario debido a que los casos dentro del departamento dependiendo del tipo que sean y de la región que provengan tienen un tiempo de procesamiento diferente debido a las complejidades que estos presentan, unos pueden ser más sencillos que otros variando mucho los tiempos, por lo que tener un estándar total de los tiempos de los datos como si todos se procesaran de la misma forma, mostraría datos irreales en las cargas de trabajo de los ingenieros ya que no

todos trabajan para las mismas regiones, tal y como se analizó anteriormente, por lo que se decidió dividir hace aproximadamente 2 años los tiempos según la región de la que provengan, para que los ingenieros con casos más sencillos puedan reportar los tiempo reales de sus casos y los que realizan casos más difíciles, no se vieran afectados en sus métricas de carga semanal.

Para esta toma de tiempos cada uno de los ingenieros debía reportar los casos que realizará durante un mes, debido a que al mes se realizan aproximadamente 295 casos según datos del departamento de Image Processing, quienes son los encargados de la recepción de scans y de la creación de las carpetas de los casos, por lo que tomar el tiempo de esos casos era suficiente para poder realizar una toma de tiempos para el segundo semestre en análisis.

Esta toma de tiempos se realizó en setiembre, y ya que algunos de los ingenieros no trabajan los mismos tipos de casos, los tiempos analizados se basan únicamente en los tiempos que el ingeniero encargado de ese tipo de casos pudo procesar, los demás datos presentaran la simbología de “****”, que significa que ese ingeniero no realizó ese tipo de casos durante la toma de tiempos correspondiente.

La muestra para la toma de tiempos fue de 236 casos, los cuales están divididos de la siguiente forma:

Análisis	Casos sencillos	Casos Normales	Casos Japoneses	Casos GB	Casos Australianos	Casos Largos	Totales
Cantidad	23	80	37	14	52	30	236
Porcentaje	10%	34%	16%	6%	22%	13%	100%

Tabla 14. Cantidad de casos por tipo para toma de tiempos

Fuente: Elaboración propia según datos de ingeniería

Ingenieros	Casos sencillos	Casos Normales	Casos Japoneses	Casos GB	Casos Australianos	Casos Largos
Ingeniero 1	***	***	2.56	***	1.88	2.78
Ingeniero 2	1.57	1.62	2.44	***	***	2.35
Ingeniero 3	1.85	2.04	2.96	***	***	3.03
Ingeniero 4	2.29	***	3.01	***	2.1	2.47
Ingeniero 5	0.98	1.9	2.9	2.6	***	***
Ingeniero 6	1.81	1.81	2.65	3.47	2.93	***
Ingeniero 7	***	4.32	***	***	***	***
Ingeniero 8	No reporta tiempos					
Promedio	1.70	2.34	2.75	3.04	2.30	2.66
Tolerancias 20%	2.04	2.81	3.30	3.64	2.76	3.19
Estandar	2	1.75	2.9	3	2	2.9
Diferencia sin tolerancias	0.30	-0.59	0.15	-0.04	-0.30	0.24
Diferencia con tolerancias	-0.04	-1.06	-0.40	-0.64	-0.76	-0.29

Tabla 15. Análisis de tiempos de procesamiento de los casos (tiempo en horas)

Fuente: Elaboración propia según datos brindados por el departamento

Las divisiones de los tiempos de acuerdo a casos sencillos, normales, japoneses, GB, Australianos o largos, no se asignan a una región en específico sino a un tipo de casos en especial, determinándolos de acuerdo a su grado de complejidad o a un grupo de cirujanos con características específicas, como lo son japoneses, australianos o GB, por lo tanto de acuerdo a las regiones, pueden aparecer de todos los tipos de casos que hay; esta separación por tipos de casos se realiza debido a que en las métricas de productividad semanal, se deben anotar la cantidad de casos que se

realizaron durante la semana y de qué tipo es cada uno, esto para llevar un control de la cantidad de horas que se le dedica al proceso, por lo tanto se subdividieron para ser más fáciles de reportar.

En la tabla anterior se observa que de acuerdo a los datos recolectados, se observan que los casos llamados sencillos deberían realizarse en 1.75 horas, pero en realidad el tiempo real de procesamiento de este tipo de casos es de 2.34 sin tomar aún en cuenta las tolerancias, por lo que este es más alto que el estándar, mientras que los casos de tipo normal, tienen un tiempo registrado de 1.70 horas, mientras que su estándar es de 2, lo que hace que el tiempo real del proceso sea más bajo, todo esto se debe a que la separación entre casos sencillos y normales, se había dado hace más de 1 año, de acuerdo a los cirujanos que tendían a enviar los casos más fáciles, con menos requerimientos, pero esto cambió, ya que muchos de ellos modifican sus requerimientos a lo largo del tiempo, haciendo que sus tiempos varíen, por lo que en este caso unificar estos dos tiempos como un solo tiempo normal es más factible para reportar un tiempo de proceso más real.

En los tiempos reportados de los casos japoneses se observa que los tiempos reportados son de 2.75 horas, siendo un tiempo menor del estándar estimado, por lo que según esto hay mejoría, sin embargo, tomando en cuenta los tiempos con las tolerancias, no habría mejorado el proceso debido a que con las tolerancias el tiempo es más alto que el estándar.

Para los casos de tipo GB y australianos, ambos tiempos, con y sin tolerancias, se encuentran por encima del tiempo estándar impuesto para la realización de los casos,

por lo que determinar cómo bajar estos tiempos en un futuro es algo importante para el proceso.

Por último los que se determinan como casos largos, tienen tiempos más bajos del estándar planteado si se observan únicamente los tiempos sin la tolerancia, mientras que con las tolerancias, se observa que los tiempos son más altos de lo que indica el estándar.

Por lo tanto, a pesar de que los ingenieros están durando más tiempo procesando algunos tipos de casos aun así se siguen cometiendo muchos errores en el proceso, por lo que es necesario, modificar los nuevos estándares a un tiempo un poco más alto, o ver cómo podrían bajarse los tiempos del proceso sin modificar los estándares actuales.

4.2.9. Errores de los nuevos ingenieros

Igualmente para los nuevos ingenieros se analiza las incidencias de errores de setiembre y octubre, esto para poder actuar durante el mes de prueba de ellos antes de que entren a las métricas de calidad del departamento completo, para que de esta forma, cuando los datos de ellos ya se tomen en cuenta para la calidad semanal de todo el equipo, el impacto en la calidad no vaya a ser tan bajo, debido a que según lo visto anteriormente 4 de los 8 ingenieros que se encuentran en el equipo , tienen la calidad por debajo de lo esperado, estos nuevos ingenieros entrarían a las métricas de calidad a partir de la primer semana de enero por lo que lograr mejorar la calidad desde inicio de año va a ser mejor para cuando ingresen durante el 2020 nuevos ingenieros.

4.2.9.1. Errores del ingeniero 9

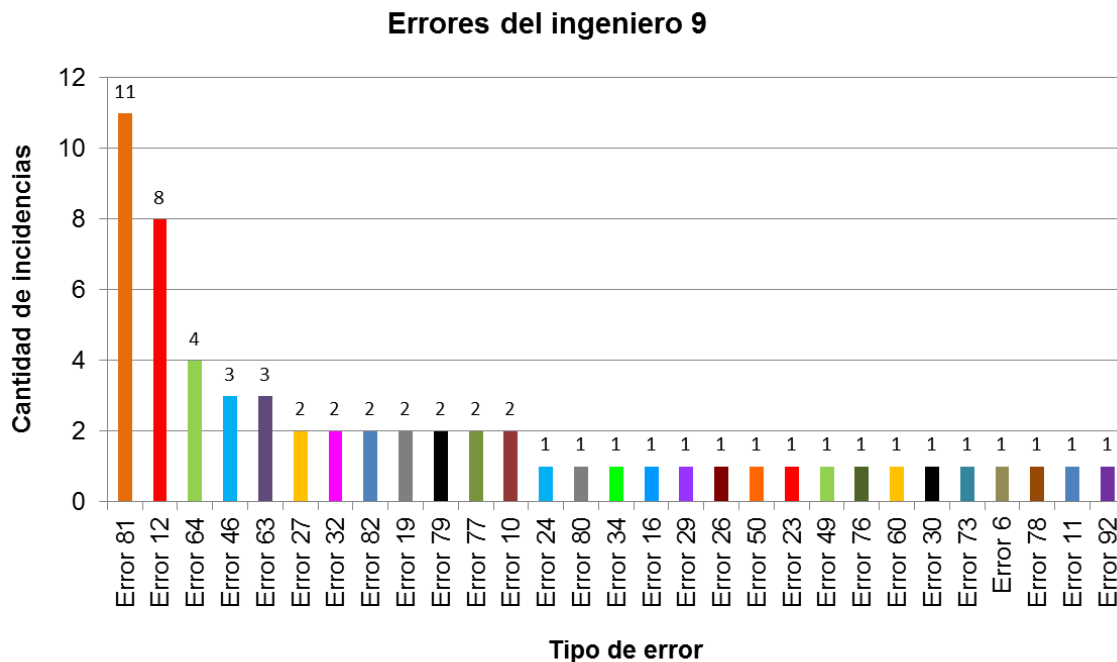


Figura 38. Gráfico de errores del ingeniero 9

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero los errores más comunes son el 81, el 12 y el 64, los cuales son justamente los errores más comunes del departamento completo, estos corresponden a cortes en la guía de la tibia, reporte y cortes en la guía del fémur respectivamente, los errores 46 y 63, corresponden a la colocación del PonE (Instrumento utilizado en las guías de corte) en el lugar correcto, y la correcta ubicación del elephant foot, el cual es la pieza que sobre sale de la guía justo en la parte anterior y le da estabilidad a la misma en una cirugía, este error en específico puede deberse a una incorrecta ubicación o a un espesor por encima o por debajo del límite establecido por el protocolo.

4.2.9.2. Errores del ingeniero 10

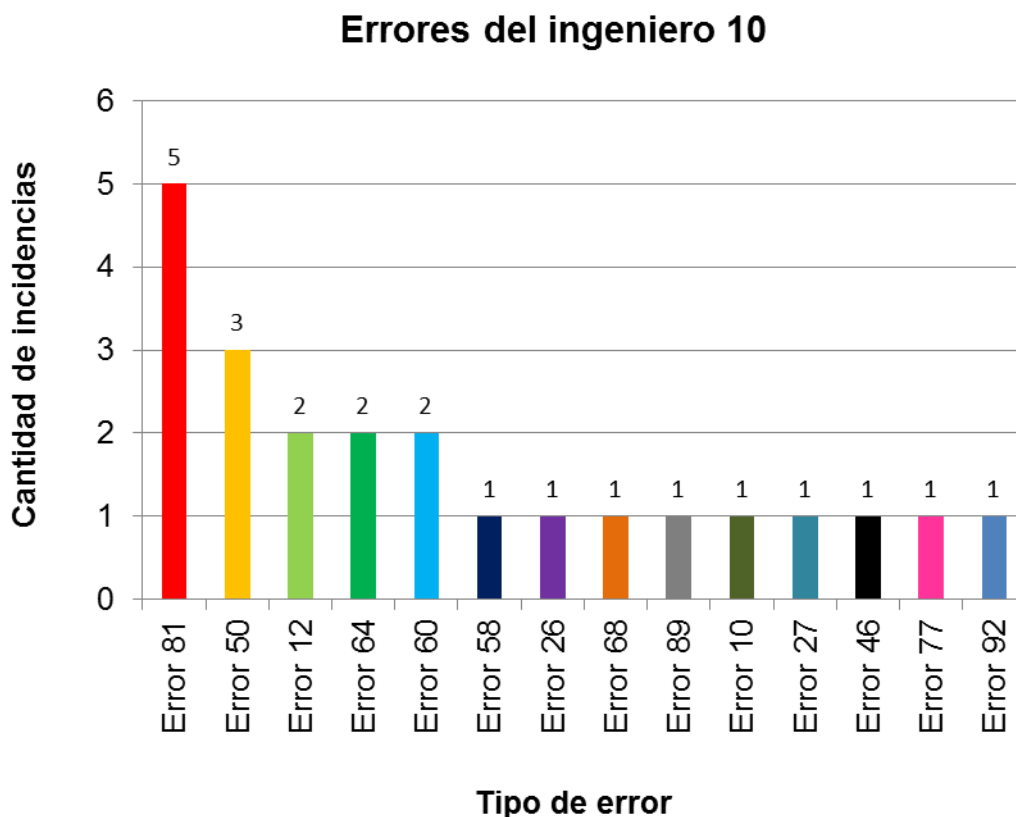


Figura 39. Gráfico de errores del ingeniero 10

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Entre los errores más comunes para este ingeniero están el error 81 y el 50, los cuales consisten en cortes en la guía de la tibia y la distancia entre el fémur y la guía la cual debe ser entre 2 y 3 mm, a partir del error 58, al haber sido cometidos una única vez, se toman como errores aislados que forman parte de su proceso de entrenamiento.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1. PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CALIDAD DEL DEPARTAMENTO

Se planteará la propuesta de mejora en diferentes fases, esto para dividir el proceso de mejora y hacerlo más fácil de medir e implementar las mejoras de forma gradual, esto para evitar tener un impacto mayor que pueda causar que la calidad en vez de mejorar, disminuya, debido a las mediciones que se deben realizar y a que cada ingeniero debe mostrar un progreso en su calidad.

5.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PARA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Para la implementación de las mejoras correspondientes en el proceso de elaboración de guías de corte para la rodilla y así mejorar la calidad, se espera aumentar los valores en las métricas durante la segunda mitad del segundo semestre del 2019, lo cual incluye los meses de octubre, noviembre y diciembre, esto debido a que las calificaciones de desempeño se reportan la primer semana de enero del 2020, por lo tanto mejorar la calidad de ese semestre es importante para lograr demostrar que el equipo puede mantener una calidad aceptable y buena antes de que los nuevos compañeros se integren a las métricas del equipo, por esto se decide realizar las mejoras correspondientes durante esos 3 meses, y al ser mejoras en la calidad es más sencillo trabajarlas para que estas se mantengan a través del tiempo.

5.3. MEJORAS PARA REALIZAR DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE ISHIKAWA

5.3.1. Máquina

- Computadoras lentas: El mejorar las computadoras del equipo de ingeniería ya es un proyecto que se ha estado trabajando dentro de la empresa, por lo que se espera que antes de finalizar el 2019, el equipo completo de ingeniería, tenga nuevas computadoras para poder realizar mejor su trabajo, por lo tanto la mejora de este punto no se trabajara dentro del proyecto de calidad.
- Mantenimiento del equipo: Igualmente dentro de las mejoras que tiene la empresa es actualizar los equipos correspondientes con las últimas versiones de los programas que se utilizan para que estos funcionen de la mejor manera.

5.3.2. Materia Prima

- Errores desde procesamiento de imagen: Estos errores se están trabajando junto con el departamento de procesamiento de imagen donde ellos están buscando implementar un sistema de calidad parecido al que se tiene en ingeniería, esto trabajando de la mano con el área de calidad del departamento de ingeniería.
- Tipos de imágenes: Esta es una de las causas donde no se puede trabajar ya que la toma de imágenes depende del cirujano y los materiales con los que cuentan en cada centro hospitalario, por lo que además de crear un protocolo para la toma de imágenes, no se puede atacar más el problema.

- Regiones de los cirujanos: Para esta causa que hace que se incurran en errores en el proceso, se propone dividir a las personas por regiones, que cada uno de ellos se especialice en una región en específico de acuerdo a la carga de trabajo con la que se cuenta en el departamento, para que así no exista tanta variación en el proceso y en los tipos de errores ya que cada región, tiene sus especificaciones diferentes.



Figura 40. Nueva distribución de los equipos
Fuente: Elaboración propia según datos del supervisor de ingeniería

5.3.3. Mano de obra

- Capacitación de nuevos ingresos: Para esto se plantea organizar la capacitación bajo un protocolo más estructurado, esto debido a lo que se observó anteriormente con el análisis de las últimas contrataciones, es más

fácil dividir el entrenamiento en 2 partes, además se debe evaluar los conocimientos de las personas que realizarán el entrenamiento, las capacidades y la calidad de cada uno de ellos dentro del proceso, además de la experiencia.

Análisis de aptitudes para capacitación	
Fecha	Ingeniero que se desea analizar
Habilidades	
Blandas	
Duras	
Análisis de la calidad durante los últimos 3 meses	
Metodología a utilizar para la capacitación	
Estructura propuesta para la capacitación	
Alcances	

Figura 41. Análisis de aptitudes para capacitación

Fuente: Elaboración propia

La propuesta del análisis de aptitudes para capacitación se debe realizar debido a que el supervisor del proceso no siempre se encuentra disponible para la realización de las capacitaciones, por lo que algún otro ingeniero debe cubrirlo y dar la capacitación, así que el análisis de aptitudes es necesario para mejorar el entrenamiento de los nuevos ingenieros, además se debe plantear la estructura ideal para trabajar de cada uno de los ingenieros y además determinar su metodología de enseñanza y al final realizar una evaluación al ingeniero que entreno a los nuevos del departamento, esto para futuras referencias al momento de elegir al próximo entrenador, la idea de analizar además la calidad de cada uno de los ingenieros, es para asegurarse de que quienes estén dando el entrenamiento, tengan las mejores prácticas y calidad del departamento que puedan transferir las mismas a los nuevos integrantes y así optimizar el proceso de realización de los casos.

- Habilidades para realizar la tarea: Se plantea estandarizar el proceso de aprendizaje para el equipo en general, ver cómo pueden desenvolverse de acuerdo a la realización de cierto tipo de casos en específico y así poder ubicarlos en una u otra región, esto más que nada para reducir los errores y crear especialización.
- Personal desmotivado: Capacitación individual de acuerdo a los errores de cada uno de ellos además de recordar la meta de la organización, fijar objetivos propios, retroalimentación adecuada y aclaración de dudas en el proceso, es necesario además abordar los temas de calidad de forma individual para que cada uno pueda ir trabajando a su manera incluso

incorporando pequeñas mejoras en su propio proceso que posteriormente puedan compartir con el grupo.

5.3.4. Medidas

- Mediciones complejas: Simplificación del reporte de incidencias además de la automatización de la hoja para el reporte de las incidencias, esto mejoraría la cantidad de casos reportados anualmente al evitar perder tiempo enviando reportes extensos de forma manual.
- Hoja de errores desactualizada: Actualización de la hoja de reporte de errores, verificación de fórmulas, y de datos que se encuentren en ellas para que todo sea lo más exacto posible y simple a la vista de las personas que se miden en el proceso.
- Manejo de la información: Actualización de la hoja de revisión donde se envíe el reporte de los errores y de la calidad en cada uno de los casos para saber en tiempo real cómo va la calidad de cada uno de los ingenieros para agilizar la mejora en los errores y que cada uno de los ingenieros reciba la retroalimentación en el momento justo.

5.3.5. Método

- Estandarización de la información disponible: Creación de documento donde se indiquen las direcciones donde se encuentra almacenada toda la información importante para la realización de los casos, además de documentar los procedimientos que no estén documentados y que sean útiles para la realización de los casos tanto para las personas que recién se

integran al equipo, sino también, para las que ya se encuentren en el durante mucho tiempo pero trabajen casos con situaciones especiales

- Procedimientos no documentados: Documentar los procedimientos necesarios para la realización de los casos y que en caso de una emergencia, no sea necesario recurrir a una sola persona que conoce el proceso sino que cualquiera de los ingenieros pueda trabajar en ella.
- Estandarización de la revisión: Capacitación con todos los ingenieros donde se establezcan las tolerancias necesarias para poner o no un error en la revisión ya que muchos de esos errores tienden a ser subjetivos e injustificados y algunos de los más críticos tienden a no ser reportados debidamente.

5.4. MEJORAS PROPUESTAS PARA EL ANÁLISIS DE DESPERDICIOS

Esperas: Para las esperas se analizan las que pueden ser atacadas por parte del departamento de ingeniería, para las que son de otros departamentos o son cosas donde no se puede influir, se excluyen las mejoras para el análisis de calidad, por lo tanto se plantea:

- Trabajar los apéndices de forma manual mientras que otros ingenieros estén utilizando la hoja, esto debido a que la hoja automática de acuerdo al encargado de creación de macros y otras mejoras tecnológicas en el departamento, no ha logrado crear una hoja extra o darle el acceso a todos mientras que uno de ellos tenga el documento abierto, por lo tanto se

plantea realizarlo de forma manual lo más rápido posible en vez de esperar a que otro ingeniero habilite la hoja de creación de apéndices.

- Para evitar la atención de dudas por parte de otros ingenieros en cosas que se sabe que ya están documentadas, se plantea un documento con los accesos generales a los documentos necesarios para la realización de todo tipo de casos, si alguna de la documentación necesaria no se encuentra disponible o aún no ha sido elaborada, entonces recurrir al ingeniero más cercano para la aclaración de la duda, además de recurrir a los ingenieros especializados en ese tipo de casos ya que es muy probable que otros ingenieros que no realicen estos casos muy a menudo, no sepan cómo solucionar el problema y pierdan tiempo acudiendo a la duda.
- Llamar inmediatamente a los compañeros de IT cada vez que exista un problema con la computadora que este ralentizando la creación de los casos y pueda provocar que por “correr” luego debido a la pérdida de tiempo, se comentan más errores en el proceso.

Sobre procesamiento: Para el Sobre procesamiento, todo lo encontrado en el análisis puede ser atacado y mejorar así los desperdicios encontrados de este tipo, en este caso serían los siguientes:

- Estandarización de apéndices, esto para no realizar detalles que no son necesarios
- Evitar hacer cortes innecesarios en las guías, cortes que son muy pequeños o que no hacen falta.

- Tener cuidado con los planos, no mover demasiado las cotas de forma innecesaria, lo que tiende a causar pérdida de tiempo.
- Estandarizar los botones del mouse, esto debido a que todos utilizan el mismo dispositivo por lo que es fácil crear una estandarización para los que ya se encuentran en el proceso y para los que van llegando, esto para agilizar la aclaración de dudas o las veces que otro ingeniero deba trabajar algo en una computadora que no es la suya.

Inventarios: En el área de inventarios se toman en cuenta los casos que quedan listos desde procesamiento de imagen y tienen que esperar para ser procesados por el departamento de ingeniería, esto ocurre debido a que en el departamento de procesamiento de imágenes son 9 personas y sus tiempos de procesamiento son menores que los de ingeniería, mientras que en ingeniería son 10 personas las que forman parte del proceso, y los tiempos de procesamiento son más largos, por lo que el aumento en el inventario de materia prima es alto.

Además se observó que al final del proceso hay gran cantidad de casos pendientes para revisar, por lo que aunque los casos sean procesados en ingeniería, si estos no se revisan, nunca le llegaran al cirujano, por lo que es necesario, revisar cada uno de los casos que terminan el proceso de ingeniería, estos tipos de atrasos en las revisiones se da en la mayoría de ocasiones debido a la alta demanda en casos de emergencia, y que algunos de los ingenieros aun no tienen el permiso ni el conocimiento para revisar algunos tipos de casos que tienden a tener más especificaciones y se salen de lo “normal” dentro del proceso.

Movimientos: En el caso del desperdicio por movimientos se observó que algunos de los ingenieros determinaban que para ellos era un atraso tener que copiar el caso del servidor y pasarlo a su escritorio, sin embargo esto no se puede arreglar debido a que trabajar desde el servidor hace que todo el sistema funcione mucho más lento por lo que la pérdida de tiempo sería aun mayor, otra de las cosas que se analizaron fue el poco aprovechamiento de las herramientas con las que se cuenta dentro del proceso, esto debido a que los llamados “atajos” del sistema no están siendo utilizados por todos los ingenieros sino solamente por algunos de ellos, además de que muchos de ellos tienen adaptado su teclado y mouse para la realización de los casos de la forma más rápida que les funciona a ellos por lo que no existe una estandarización en el proceso en el área de hardware. Se menciona también por parte de algunos ingenieros que muchas veces se realizan movimientos innecesarios del hueso dentro del sistema, con respecto a cambiar de vistas y demás movimientos del hueso, sin embargo esto es necesario para asegurar que todos los cortes fueron realizados de la manera correcta y que la referencia dejada en el hueso es la necesaria para que la guía calce de la mejor manera durante la cirugía.

Re trabajos: Para los re trabajos algunos de los ingenieros dieron ideas de los re trabajos que realizan todos los días por lo que se trabajara en cada uno de ellos por aparte para reducir las incidencias de los errores además de los tiempos innecesarios que se reportan al sistema.

- Evitar hacer los casos desde cero si algo falla en el sistema, esto se refiere a que si alguna de las cotas necesarias, las coincidencias o demás, se pierden, intentar arreglarlo antes de simplemente cerrar el caso sin guardar

o comenzar desde cero, esto porque se pierde más tiempo haciendo eso que arreglando un problema, además de que durante el arreglo de ese problema puede quedar de experiencia para futuros problemas similares.

- Siempre terminar de detalles casos, no dejar para el compañero de revisión algún corte o redondeo en las guías que se sabe que es necesario, además de que los planos deben ir con las cotas correctas y ordenadas para evitarle re trabajos a los otros compañeros, igualmente revisar el reporte al finalizar el caso esto debido a que la mayor incidencia en errores del departamento se debe a este motivo, y tiende a suceder porque los compañeros no revisan el caso al terminarlo antes de enviarlo al proceso revisión.
- Para los casos rechazados no se puede trabajar en mejoras debido a que esto depende más de las preferencias del cirujano que del proceso realizado en el departamento de ingeniería.
- Evitar repetir procesos muchas veces dentro de la creación de las guías, como mediciones innecesarias, realización de cortes y luego eliminarlos para volverlos a hacer, tomar fotos para el reporte varias veces, y demás procesos que se repitan a lo largo de la realización del caso.
- La estandarización en el procedimiento para la elección de los implantes y la corrección de errores es necesario porque de igual manera como en muchos otros casos, esto tiende a tener algo de subjetividad en el proceso cuando los cortes no están dentro del promedio o existe la posibilidad de colocar dos tallas diferentes en un caso, además de que algunos cirujanos tienen preferencias con respecto a cómo les gusta que se vea un implante ya

colocado en la rodilla. Por lo que estar todos de acuerdo con este tema es importante para evitar perder tiempo dentro del proceso y poder tomar una decisión de forma rápida y eficiente. En el caso de los errores es porque para algunos ingenieros, un tipo u otro de errores no representan un gran impacto en el departamento por lo que determinar las tolerancias necesarias con las que se trabajará dentro del proceso es importante para disminuir las variaciones en los errores y que todos sepan cómo trabaja el equipo bajo un estándar determinado.

5.5. UTILIZACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA LAS MEJORAS DE CALIDAD

La idea de la utilización de lean Manufacturing para el proceso existente es debido a muchos de los desperdicios antes mencionados y demás análisis realizado, se ha visto que la calidad del departamento tiende a bajar por muchos factores, nuevos ingresos, desmotivación y demás, por lo tanto las herramientas de este modelo de gestión pueden ayudar a que el proceso sea mejor y a que poco a poco estos desperdicios puedan ir mejorando, por lo tanto algunas de las herramientas a utilizar y el cómo se van a utilizar se mencionan en los siguientes puntos:

Estandarización de trabajo: Al comenzar a realizar un caso, se revisan las especificaciones en el PCMS y en los requerimientos del cirujano, durante este proceso es común que pueda omitirse alguno de los pasos ocasionando errores, por lo que se plantean los siguientes pasos para realizar un caso:

- Descargar el caso

- Observar los requerimientos del doctor en el PCMS y el documento del cirujano
- Hacer el caso como normalmente se haría
- Anotar cualquier cosa que surja durante el proceso, sean apéndices, notas y demás, en algún cuaderno o post it visible para recordarlo al finalizar el caso y no olvidar nada
- Hacer los apéndices correspondientes, revisando las imágenes y el lado de pierna
- Al finalizar el caso por completo, revisar los puntos más probables de error los cuales incluyen, distancia entre fémur y guía, distancia entre tibia y sharktooth, distancia del periscope, y verificación de las notas y medidas del reporte, entre esto está la fecha de cirugía, el nombre del paciente y los comentarios del ingeniero, además de las especificaciones en flexión y rotación de cada uno de los casos, sea tipo MRI o CT.

Con la estandarización del trabajo se pretende disminuir la probabilidad de cometer errores en el proceso atacándolos en una pequeña revisión por parte del ingeniero que realiza el caso, justo antes de enviarlo a revisión general. Para que todo esto pueda ser practicado diariamente, se plantea la colocación de material visual que ayude a que esto sea más sencillo de recordar, por lo que se brinda la siguiente solución:

Recordatorios para la realización de casos	
Observar requerimientos del cirujano y el PCMS antes de comenzar	Distancia entre el femur y la guía además del femur y el periscope
Anotar cualquier cosa que surja en el proceso, apendices extra , comentarios y demás	Distancia del PONK y el sharktooth
Al hacer los apendices, revisar el lado de la pierna y que sean las imagenes correctas	Verificación de notas y medidas del reporte
Al finalizar el caso revisar los puntos más probables de error	Nombre del paciente, fecha de cirugía, comentarios del ingeniero
	Revisar especificaciones del doctor y del PCMS, rotación, flexión, etc.

Tabla 16. Recordatorios para realización de casos

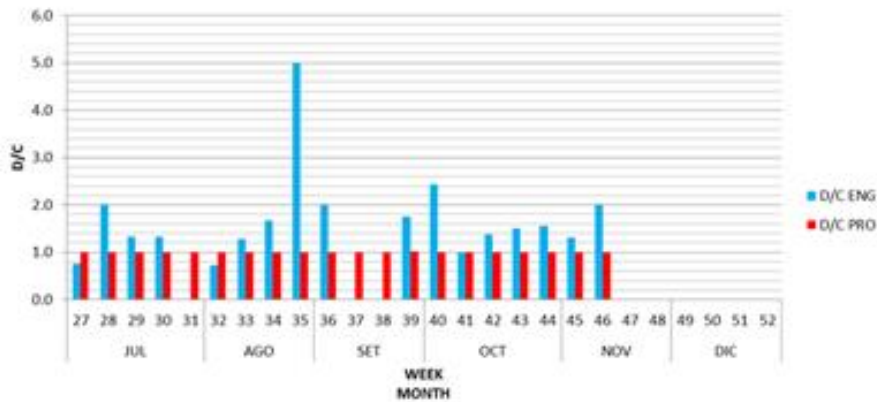
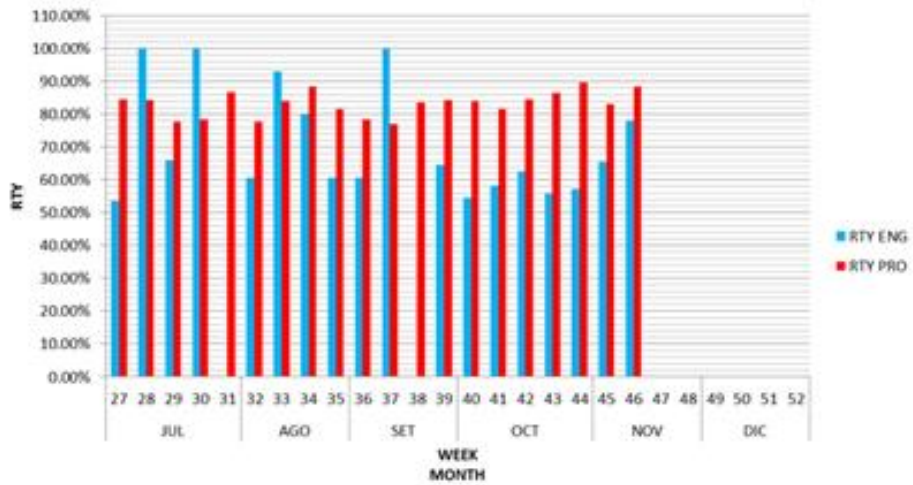
Fuente: Elaboración propia

Mejora en los KPI's: La propuesta de mejora para los KPI es principalmente debido a que el reporte de calidad es complejo de entender y tiene datos que pocas veces son analizados por personas que no conocen mucho sobre el manejo de los sistemas de calidad y demás, por lo que tienden a ser complejos de entender y mejorar en caso de ser necesario, por lo que hacer una herramienta que sea más amigable a la vista para los ingenieros, hará que sea más fácil de entender la evaluación de su proceso.

Se presenta en la figura 41 solo una imagen de como se ve un reporte de calidad actualmente por lo que se observa, los primeros datos, son muchos números importantes para el proceso y para la calidad del ingeniero, pero muchos de estos datos son innecesarios para el ingeniero que se está evaluando haciendo más

complejo el entendimiento de la calidad por sí misma, además luego de esto vienen un par de gráficos con datos igualmente innecesarios para los ingenieros, los cuales incluyen la calidad propia con respecto a la calidad de todo el departamento, y el segundo gráfico trata sobre la cantidad de revisiones con respecto a casos que se hacen en la semana. Al final del reporte se agregan los casos de la semana y los errores que hubieron en cada uno de ellos por tipo, esto por si alguno de ellos desea revisar los casos con error y ver si existe alguna clase de reclamo.

QUALITY 2019							
YIELD							
WEEK				WEEK	II SEMESTRE		
VS	PROPHECY		RATE	VS	PROPHECY	RATE	
CASES	90	8	9%	CASES	1333	128	10%
SUM	11.00	2.0	18%	SUM	244.25	52	21%
RTY SM	88.50%	77.88%	σ LABEL	RTY SM	83.26%	66.61%	σ LABEL
	★★★	★★	2.17		★★★	★	1.67
DUALS							
VS	PROPHECY			VS	PROPHECY		
DUALS	90	16		DUALS	1334	193	
ERRORS	33	6		ERRORS	495	97	
E/D	0.37	0.38		E/D	0.37	0.50	
D/C	1.00	2.00		D/C	1.00	1.51	
QUALITY 2019	77.37%	★★		QUALITY 2019 SEMESTRE	66.61%	★	

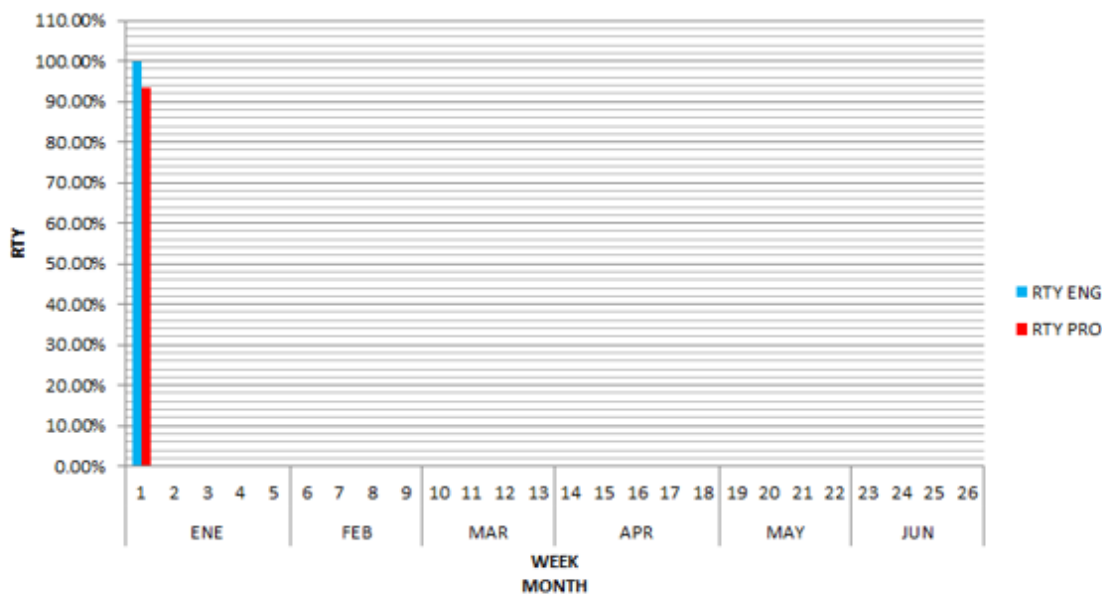


WEEK	TECNOLOGY	CASE	ENG	DATE	DIV	ERRORS	STA	SUN	TEAM				
46	0	30471		11/11/2019	0	12	0	0	0	0	1	0.50	USA
46	0	30471		11/11/2019	1	0	0	0	0	0	0	0.00	USA
46	EVOLUTION US	30658		11/12/2019	0	27	0	0	0	0	1	1.00	USA
46	EVOLUTION W&M	30775		11/13/2019	0	0	0	0	0	0	0	0.00	USA
46	EVOLUTION W&M	30721		11/16/2019	0	0	0	0	0	0	0	0.00	USA
46	EVOLUTION W&M	30547		11/16/2019	0	0	0	0	0	0	0	0.00	USA
46	EVOLUTION W&M	30542		11/16/2019	0	12	0	0	0	0	1	0.50	USA
46	EVOLUTION ENSEA	30760		11/16/2019	0	0	0	0	0	0	0	0.00	USA

Figura 42. Como se ve el reporte actual

Fuente: Calidad del departamento de ingeniería

QUALITY 2020					
YIELD					
WEEK	1		WEEK	I SEMESTRE	
VS	PROPECY		VS	PROPECY	
CASES	47	2	CASES	44	2
SUM	3.00	0.0	SUM	3.00	0
RTY SM	93.82%	100.00%	RTY SM	93.41%	100.00%
	☆☆☆	☆☆☆☆☆		☆☆☆	☆☆☆☆☆
DUALS					
VS	PROPECY		VS	PROPECY	
DUALS	47	5	DUALS	44	5
ERRORS	14	0	ERRORS	14	0
QUALITY SEMESTER 1 2020		100.00%	☆☆☆☆☆		



WEEK	TECNOLOGY	CASE	ENG	DATE	DIVISION	ERRORS					STATUS	SUM	TEAM
1	EVOLUTION EMEA	30600		1/2/2020	0	0	0	0	0	0	0	0.00	SUSE
1	0	31344		1/3/2020	0	0	0	0	0	0	0	0.00	SUSE

Figura 43. Como se ve el reporte nuevo

Fuente: Calidad del departamento de ingeniería

Kaizen: Se aprovecharán las reuniones quincenales del departamento para analizar los errores durante ese período, para así escuchar las opiniones de todos en

mejoras que puedan ir realizándose en el departamento, esto ayudaría a ver los tipos de errores de forma más real y actualizada y poder ver la calidad de todos para que así sepan quienes tienen que mejorar y como pueden ir haciéndolo, además se escucharán las mejoras implementadas de forma individual que les hayan ayudado a mejorar su propia calidad.

Poka-Yoke: El Poka-Yoke en este proceso, se implementará en que para evitar la utilización del correo electrónico manual donde se le indica al ingeniero el error que tuvo durante un caso, la hoja de revisión tenga disponible la opción de que al tocar el botón para la creación del PDF de la revisión, al mismo tiempo pueda enviar un correo electrónico con la información del caso y dar retroalimentación si el caso tuvo errores o si estuvo bien, esto ayudaría a motivar a los empleados al ver que se les reconoce el esfuerzo, y al no querer ver errores en los correos que les sean enviados, además, esto agilizaría al departamento de calidad estar dando reportes diarios a los ingenieros en caso de que ellos los pidan ya que esto tiende a quitar mucho tiempo de trabajo.

5.6. PROPUESTA PARA EL PLAN PILOTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS PARA LA CALIDAD DEL DEPARTAMENTO

5.6.1. Mejoras en la calidad fase 1

Las mejoras se dividirán en fases de acuerdo a los resultados que se obtengan durante el proceso, esto funcionaría en que al mejorar el proceso, se realizarán mejoras pequeñas que sean fáciles de medir poco a poco y no implementar todas las mejoras de forma inmediata, esto debido a que el proceso por si solo es bastante pesado para los ingenieros debido a los protocolos y demás lineamientos que deban seguirse, por lo

que hacerlo de forma gradual podría presentar mejores resultados que puedan ser sostenibles a largo plazo, por esto se dividirá en 3 partes las cuales las 2 primeras serán en el plan piloto para las mejoras en la calidad del departamento actualmente, y la última mejora es la que definirá la calidad del departamento en el futuro a partir de diversas acciones que es necesario realizar para que la calidad del equipo pueda continuar siendo buena si se observan mejoras.

Para la propuesta de las mejoras en el departamento se realiza un diagrama de Gantt que funciona para planificar y programar tareas en un período determinado, en este diagrama se podrá observar el avance de cada una de las tareas, además se realizará un diagrama diferente para cada etapa donde se encuentre el proyecto, por lo que para las propuestas de mejora en el departamento en la primera fase se realiza el diagrama presentado en la figura 40.

5.6.1.1. Primeras mejoras implementadas

Para las primeras mejoras lo que se realiza es una reunión general del departamento donde se habla de la calidad del mismo durante los meses de julio a setiembre, y cuáles son los tipos de errores más comunes, se opta por mostrar datos generales debido a que al ser una reunión general es más fácil poder hablar con todos al mismo tiempo, y evitar tomar tiempo del proceso de cada uno de los ingenieros que podría aprovecharse en la realización de los casos, se incentiva a todos a buscar mejorar la calidad individual aprovechando que los ingenieros nuevos del departamento los cuales son los ingenieros 9 y 10, aun no entran a las métricas de calidad por lo que se busca realizar mejoras antes de que esto suceda.

5.6.2. Verificación de los resultados de la fase 1

5.6.2.1. Análisis semestral

Para el análisis de las mejoras de cada uno de los ingenieros se observa el progreso de la calidad en cada mes para cada uno de ellos, estos números reflejan los resultados de todos los datos juntos que se hayan obtenido hasta ese mes, realizando el cálculo como si fuera calidad semestral, por lo que va sumando la cantidad de casos realizados totales en todos los meses del semestre con todos los datos de por errores del mismo semestre, esto porque lo importante en el proceso es aumentar la calidad semestral total con las mejoras, por lo que se comparan los meses anteriores con los meses en los que se realizarán las mejoras, por lo que para el mes de octubre se observan los siguientes resultados:

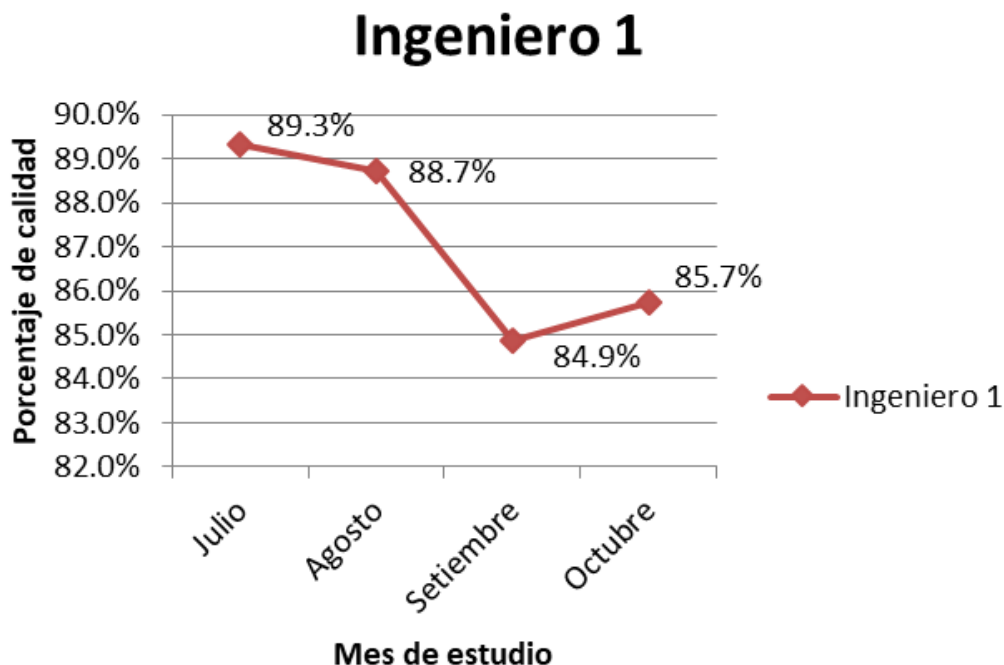


Figura 45. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 1

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

En el gráfico del primer ingeniero se observa como la calidad semestral de acuerdo al mes, iba en descenso durante los meses de julio a setiembre, mientras que para el mes de octubre el aumento fue considerable siendo casi de un 1% lo cual es bastante representativo y lo aleja del margen inferior de la calidad que corresponde a un 83% en un 3%.

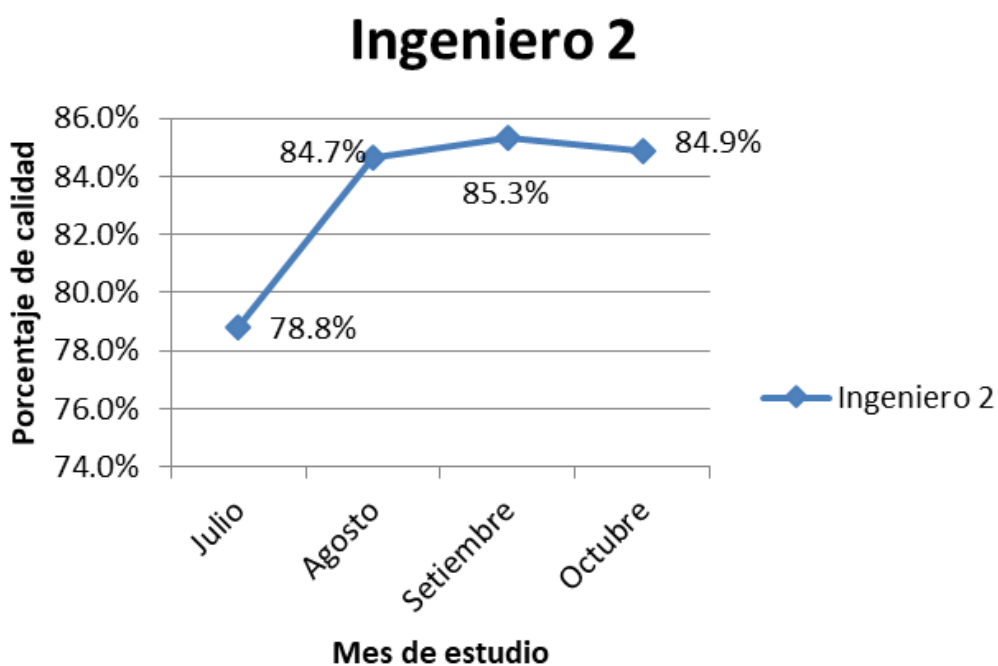


Figura 46. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 2

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Para este ingeniero los resultados durante el mes de octubre revelan un descenso de un 1% en la calidad semestral, por lo que aún se debe continuar trabajando en aumentar la calidad, para esto la implementación de la fase dos con un análisis más amplio de los errores y la calidad con cada ingeniero puede ser beneficioso, sin

embargo al no ser una disminución muy grande de la calidad, poder recuperarse e incluso mejorar es más sencillo.

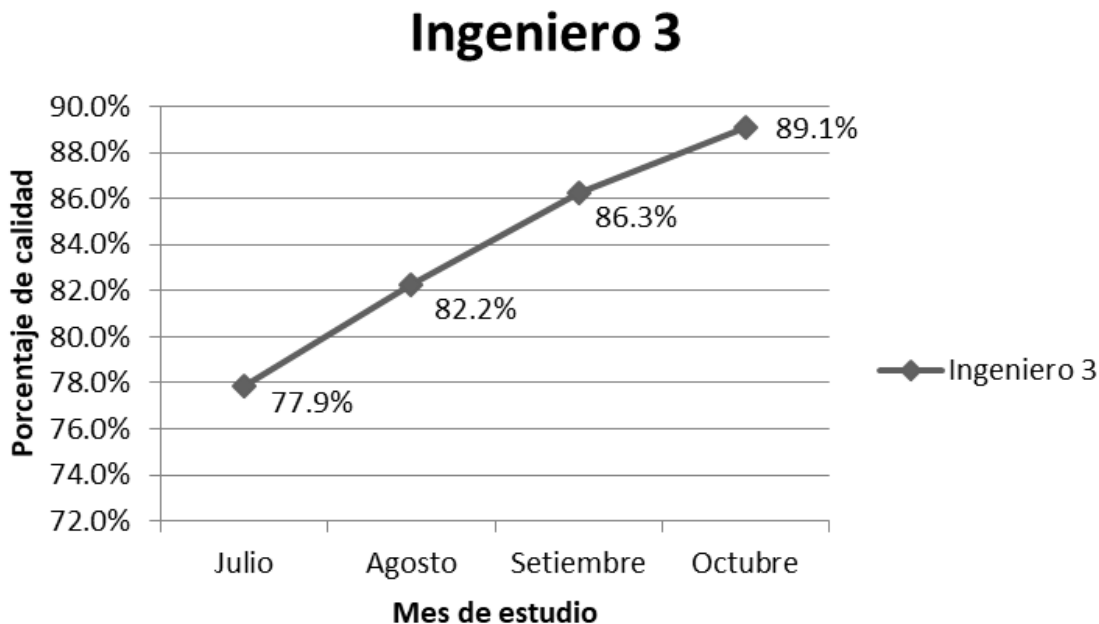


Figura 47. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 3

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Para el ingeniero 3 se observa un aumento en la calidad significativo, siendo este de un 3% entre los meses de setiembre y octubre, por lo que las mejoras en la calidad aun siendo bastante simples demuestran que pueden beneficiar a la calidad de cada uno de los ingenieros, este aumento de la calidad es ideal para que en una reunión con el equipo completo, este ingeniero pueda brindar mejoras extra que ha implementado para ayudar a que su calidad aumente de esa forma en tan poco tiempo.

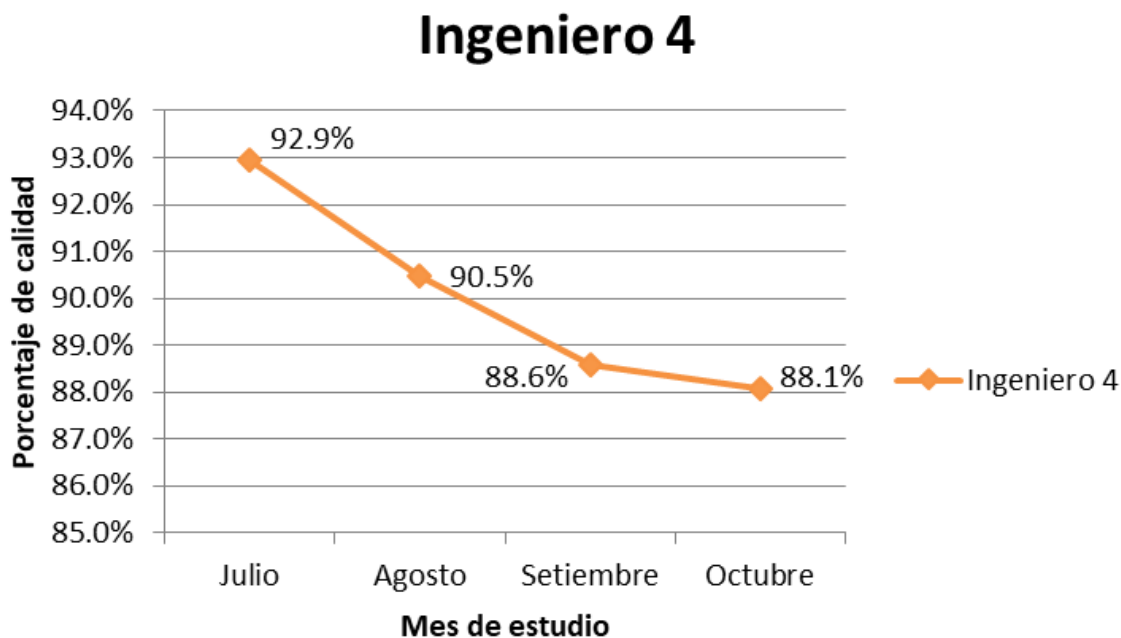


Figura 48. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 4

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Este ingeniero estaba mostrando un descenso en la calidad de un 2% mensual, entre los meses de julio a setiembre, mientras que en el mes de octubre se logró detener esa baja en la calidad, y a pesar de que no ha aumentado, el lograr detener el descenso ya es algo significativo para el proceso completo, igualmente se espera que durante los dos últimos meses del año la calidad de todos pueda aumentar y así disminuir los costos del departamento.

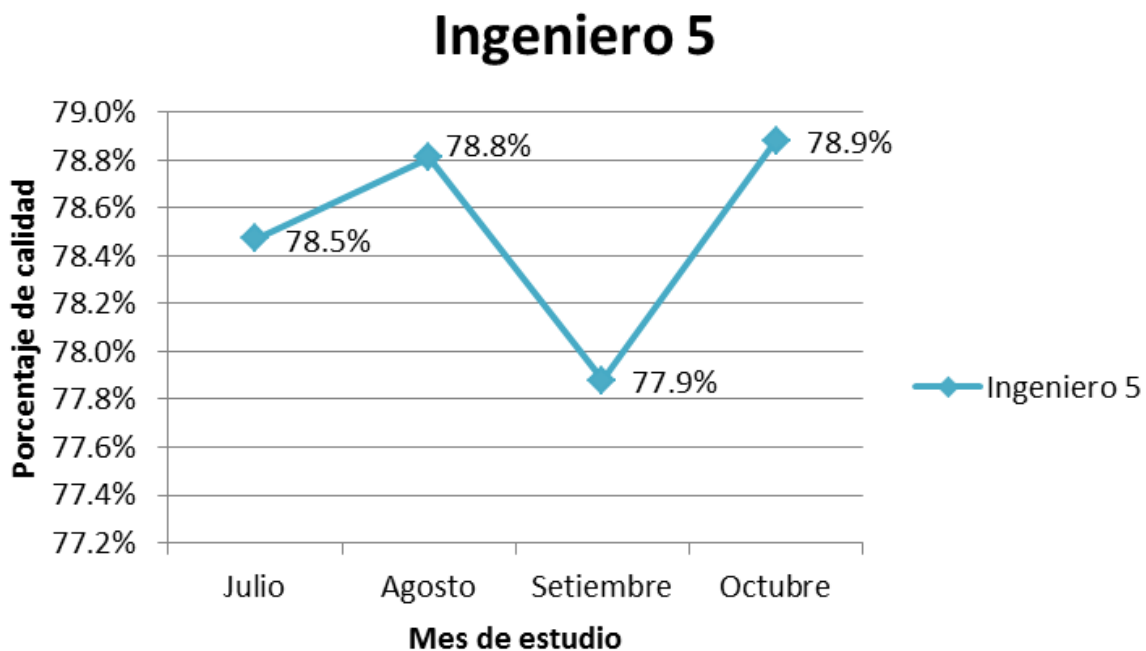


Figura 49 Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 5

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Este ingeniero muestra una variación aún mayor que los otros ingenieros sin embargo, lograr aumentar la calidad en el mes de octubre con respecto al mes de setiembre, es una mejora que se puede observar en el proceso, además ayuda a que la calidad completa del equipo pueda ir estabilizándose.

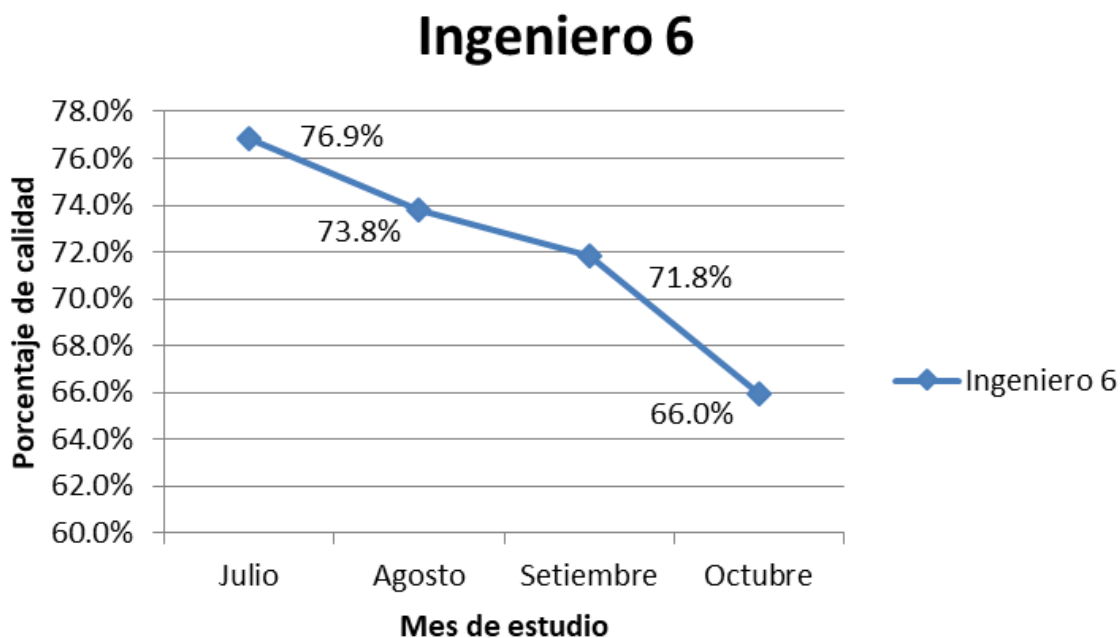


Figura 50. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 6

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Este es uno de los ingenieros con la calidad más baja del departamento, la implementación de las mejoras en el proceso no ha pasado a formar parte aún del método de trabajo de este ingeniero, a pesar de llevarse el control semanal de calidad y demás aspectos con respecto a esta medición, aún no se observan mejoras, en vez de esto, se observa que la calidad va en descenso de forma rápida.

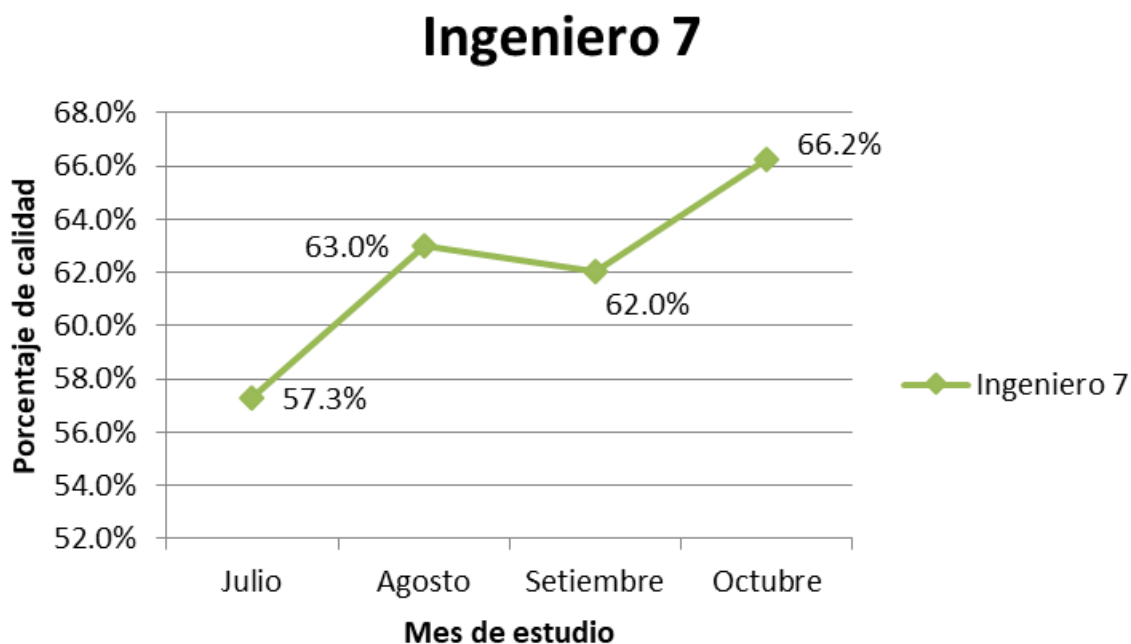


Figura 51 Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 7

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Este ha sido uno de los ingenieros con la calidad más baja del departamento, sin embargo se observa como su calidad semestral va en aumento de forma rápida desde setiembre a octubre, siendo una mejora de aproximadamente 5%, lo cual es bastante significativo para el proceso, por lo que se busca seguir aumentándolo para que este ingeniero logre valores más altos para el final del período.

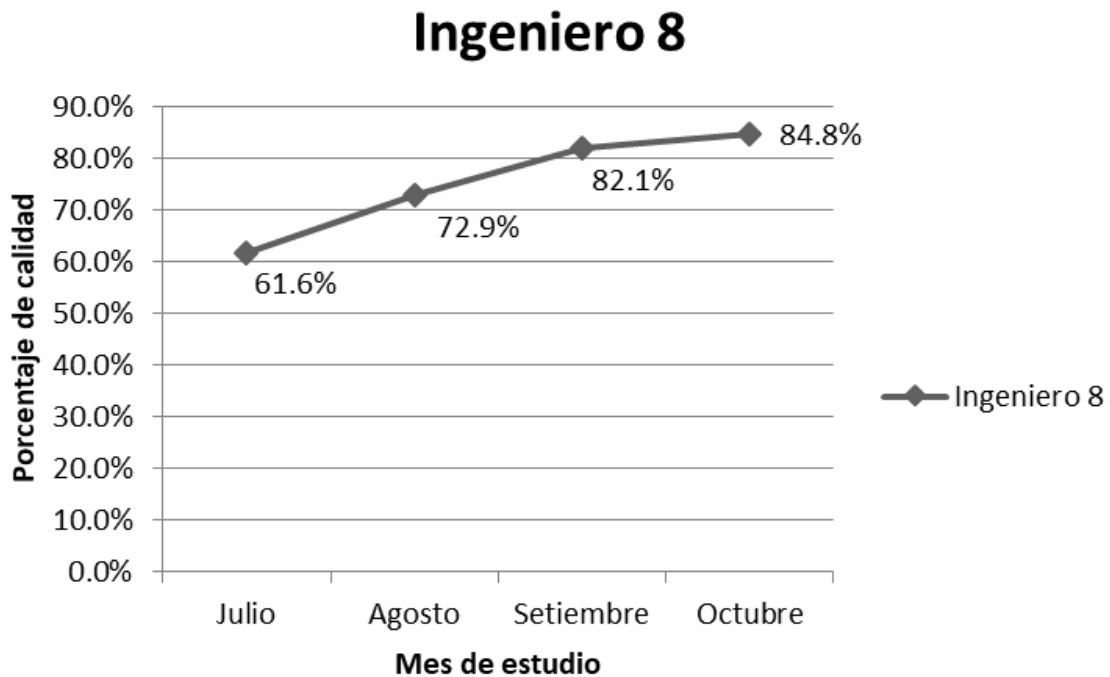


Figura 52. Resultados fase 1 Octubre Ingeniero 8

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad

Siendo uno de los últimos ingenieros contratados, el crecimiento en la calidad de este ingeniero se ha visto durante los meses de julio a octubre, teniendo este último mes, una mejora de aproximadamente 4%, lo cual para la calidad del ingeniero es bastante bueno, colocándolo dentro del rango del 83% mínimo esperado en el departamento.

5.6.2.2. Análisis mensual

Posterior a estos gráficos se analiza la calidad promedio durante cada mes, de los datos de cada una de las semanas correspondientes al mes en análisis, esto para ver si existe una mejora mensual durante el tiempo de la implementación de las técnicas que ayudarán al equipo a que mejore su calidad, sin embargo el objetivo principal de

este análisis es el de observar el comportamiento semestral, aún así se analizan los siguientes datos por motivos informativos para el proceso de toma de decisiones para posibles mejoras en el futuro. Además de que es necesario vigilar la calidad mensual de cada ingeniero para además de ver los resultados semestrales, los cuales consisten en ir haciendo un acumulado de las semanas al mes en estudio y calcular según la fórmula utilizada para RTY o índice de desempeño acumulado, poder observar la calidad de cada uno de una forma más individual e independiente de datos anteriores.

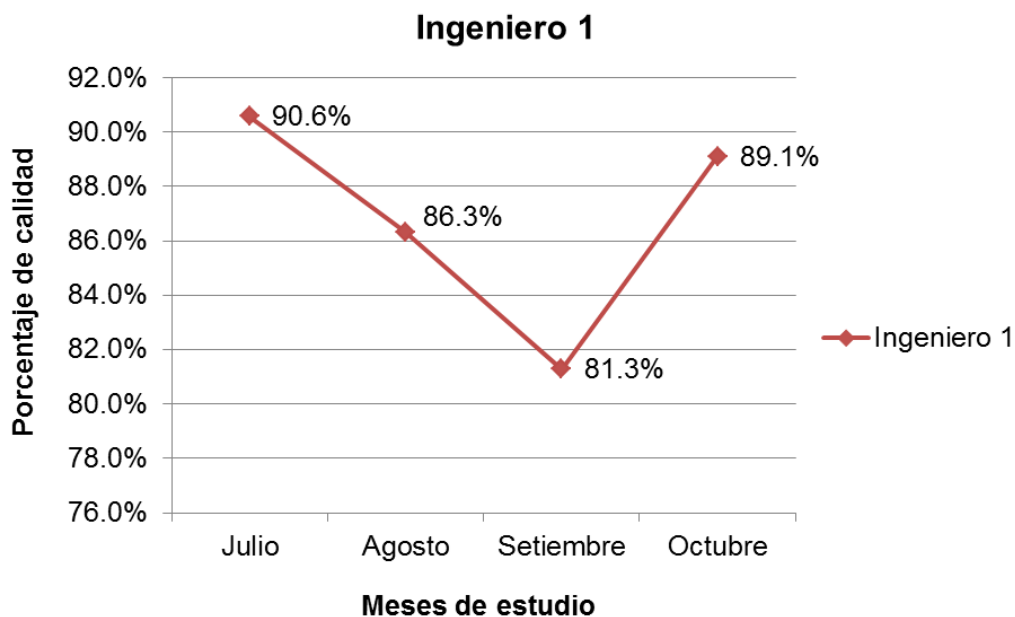


Figura 53 Calidad mensual del ingeniero 1 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Para el primer ingeniero se observa una mejoría con respecto a los meses de agosto y setiembre, recuperando una calidad alta para el mes de octubre, por lo que se espera, que las mejoras, que se van a implementar respondan de manera positiva aumentando o manteniendo la calidad de este ingeniero por encima del mínimo esperado.

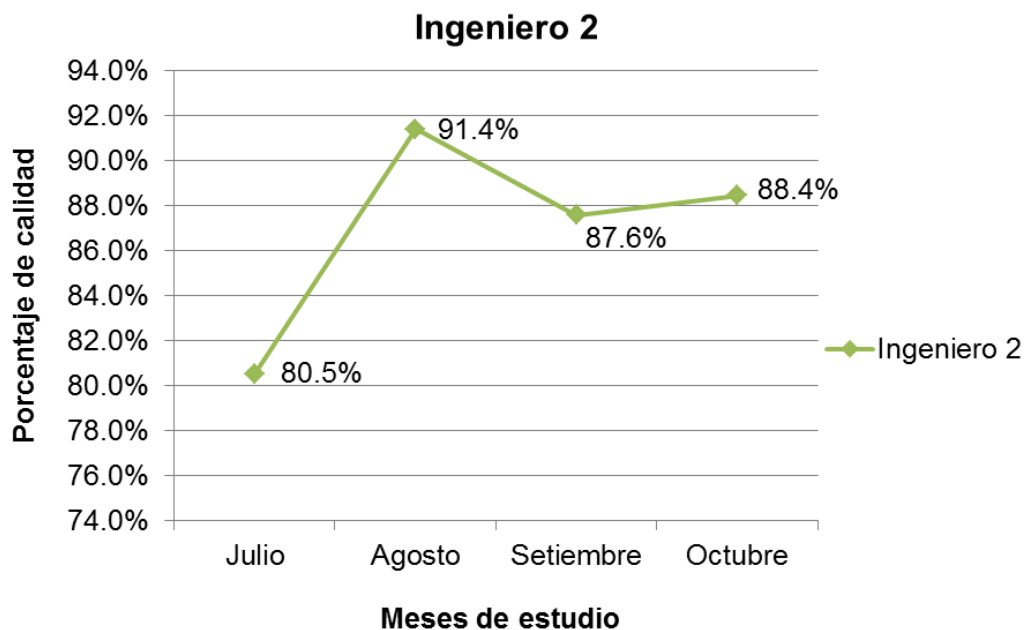


Figura 54. Calidad mensual del ingeniero 2 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero se estaba mostrando que la calidad comenzaba disminuir durante el mes de setiembre, sin embargo, se logró recuperar un aproximado de 1%, lo cual es bastante bueno ya que se disminuye la tendencia a bajar la calidad para el mes de octubre, igualmente se esperan resultados positivos para los siguientes dos meses luego de la implementación de las siguientes mejoras en el proceso.

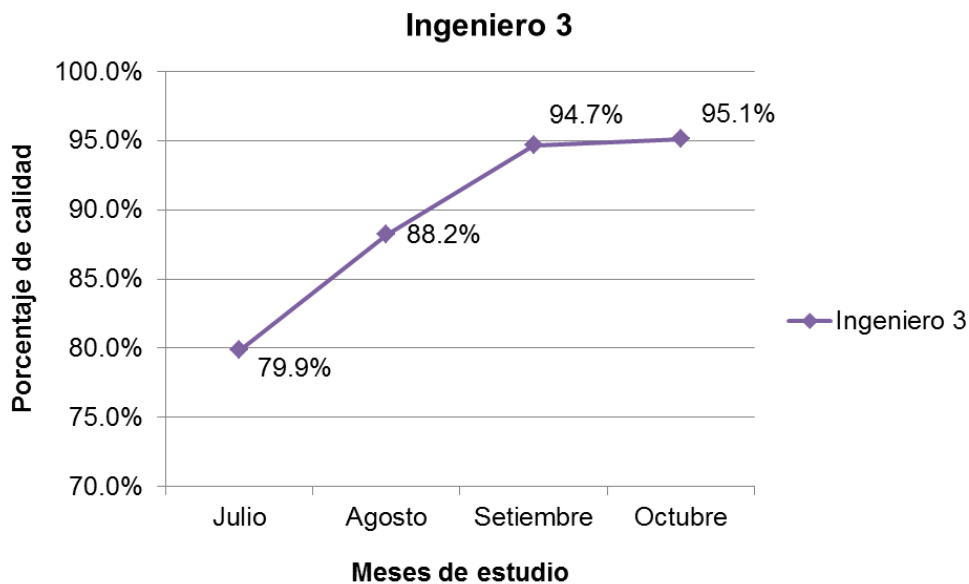


Figura 55. Calidad mensual del ingeniero 3 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Este ingeniero logró subir su calidad por sí mismo durante los meses de julio a setiembre, y mantenerse en una calidad bastante alta para el mes de octubre, aun se puede seguir mejorando a pesar de tener la calidad en uno de los índices más altos del departamento, aun así se esperan posibles mejoras en la calidad de este ingeniero para los 2 meses restantes del año.

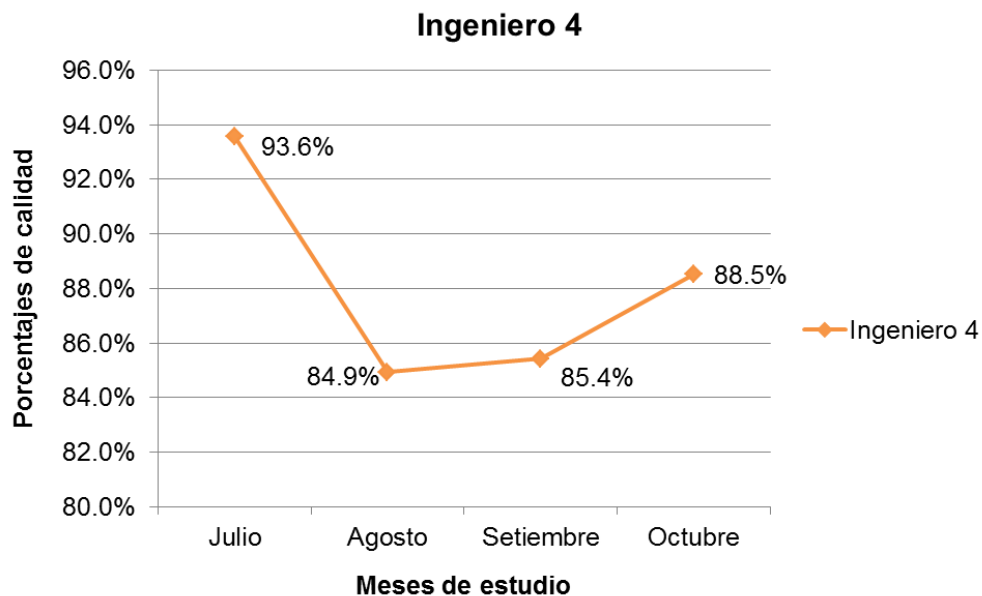


Figura 56. Calidad mensual del ingeniero 4 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Este ingeniero muestra una leve mejoría de setiembre a octubre, siendo de aproximadamente un 3% lo cual es bastante bueno para el proceso, además de que ya se encuentra entre los rangos más altos de calidad del departamento, sin embargo la posibilidad de mejorar el proceso aún sigue siendo probable debido a la implementación de las mejoras que ayudan a que el departamento pueda continuar aumentando su calidad.

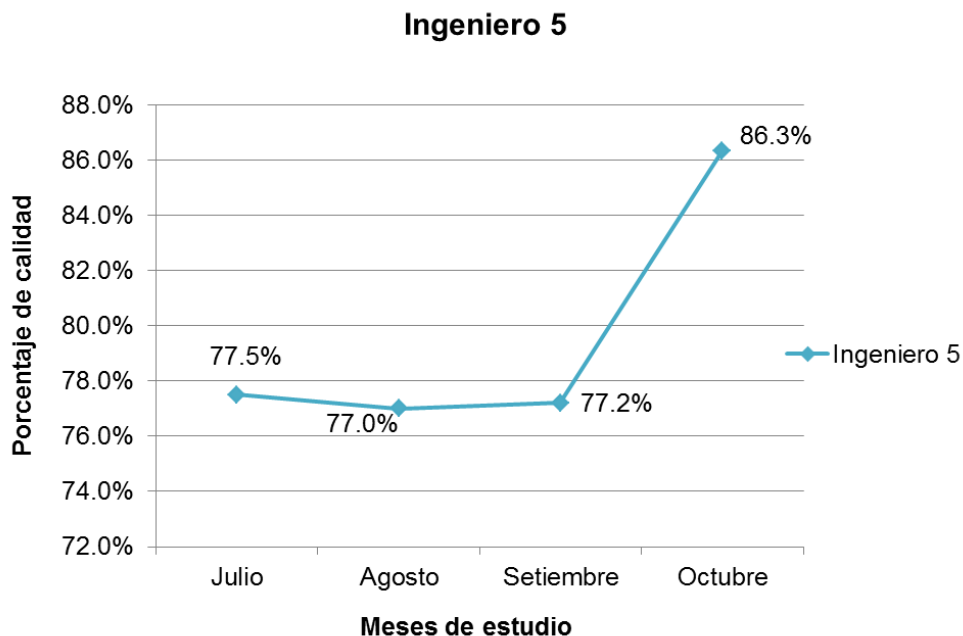


Figura 57. Calidad mensual del ingeniero 5 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Este ingeniero muestra un crecimiento de un 10% en su calidad con respecto a los meses de setiembre a octubre del 2019, esto causa un impacto importante en su calidad semestral para final de año ya que mientras más suba su calidad mensual, mejor resultado obtendrá al finalizar el año, además al igual que con los otros ingenieros se espera una mejora en los próximos meses con la implementación de nuevas mejoras que logren beneficiar a todo el equipo.

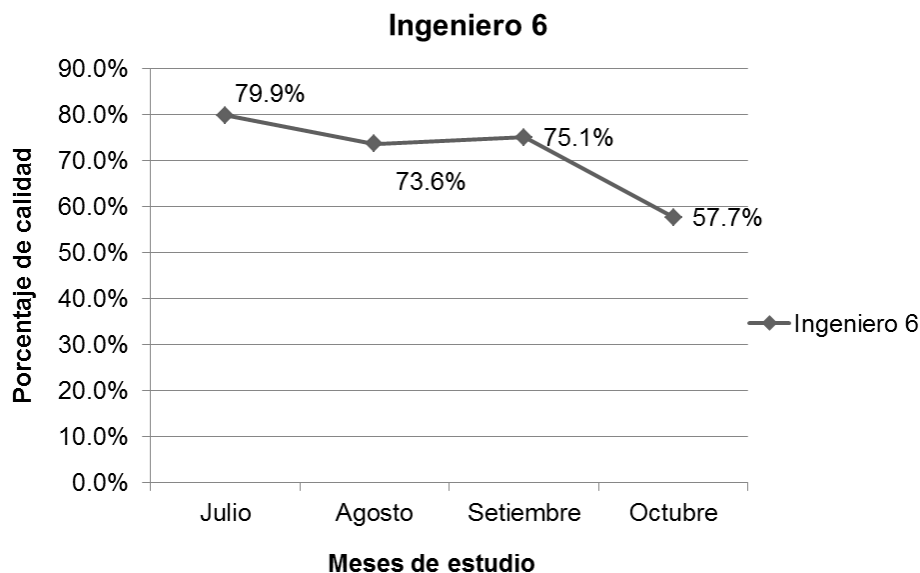


Figura 58. Calidad mensual del ingeniero 6 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero se observa una disminución de la calidad en aproximadamente un 22%, esto debido a la mayor incidencia de errores en el proceso, por lo que es necesario trabajar con este ingeniero por aparte de una forma más específica, ayudarlo a tener más claridad con respecto a los errores más comunes que comete dentro del proceso y reforzar los aspectos en los que se esté haciendo un buen trabajo, ya que esto ayudara a motivar al personal y principalmente a este ingeniero a subir la calidad, recordándoles igual que a cada uno de los ingenieros que no solamente realizan casos y guías, sino que es la vida de un paciente la que tienen en sus manos y la posibilidad brindar a cada uno de ellos, una vida normal.

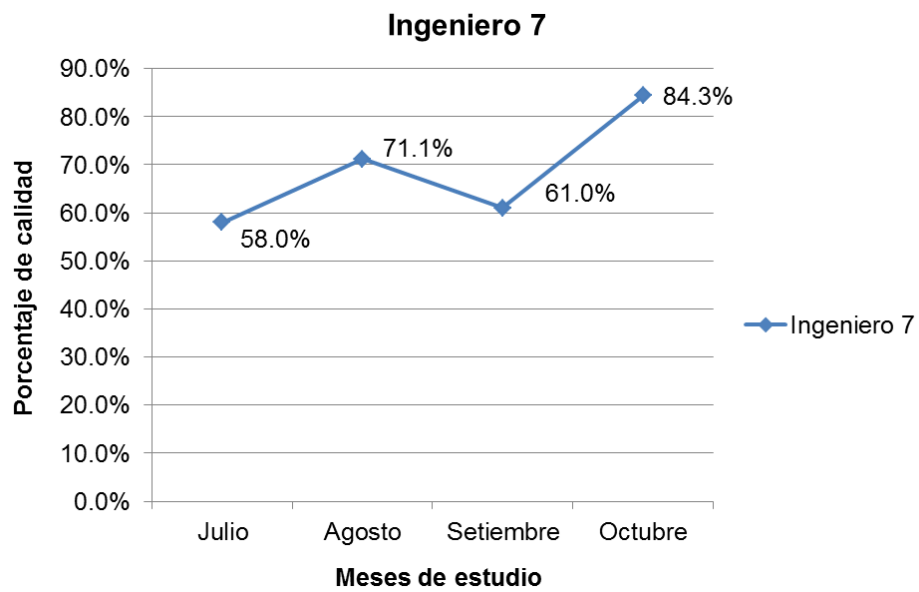


Figura 59. Calidad mensual del ingeniero 7 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Para el ingeniero 7 se observa un aumento en la calidad de aproximadamente un 23%, lo cual es un valor bastante significativo en las pequeñas mejoras implementadas, las cuales consistieron principalmente en la concientización de los errores del departamento, se observa un comportamiento favorable que puede incidir en la mejora de la calidad para los próximos meses, ayudando así a que el reporte de la calidad semestral sea más alto.

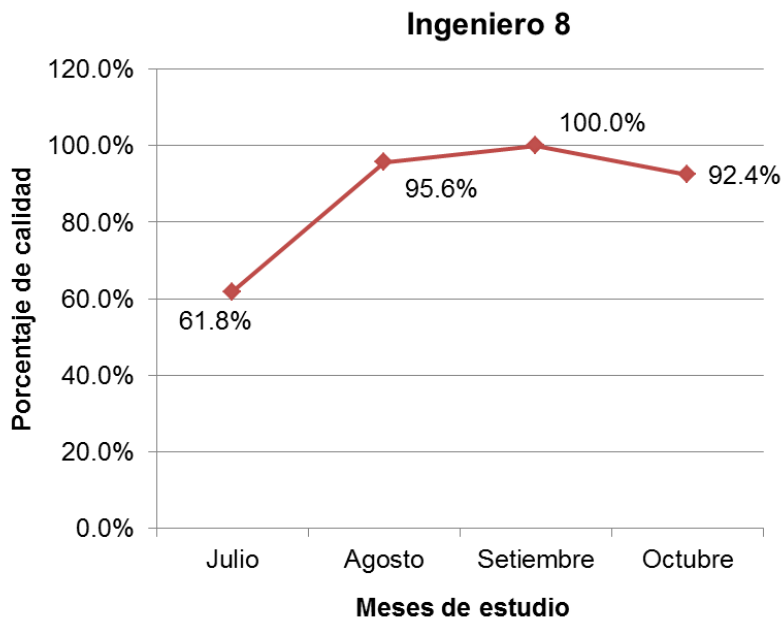


Figura 60. Calidad mensual del ingeniero 8 a octubre 2019

Fuente: Datos de calidad de ingeniería MicroPort Orthopedics

Por último para este ingeniero se observa que hubo una disminución en la calidad del último mes, sin embargo, aún se encuentra en una calidad buena para el proceso, se puede seguir mejorando para poder tener un proceso óptimo, aun así se sabe que por la interferencia humana en el proceso es prácticamente imposible no tener errores, pero igualmente, luego de la investigación se sabe que es posible disminuirlos al máximo.

5.6.3. Mejoras en la calidad del proceso fase 2

Dentro de las mejoras en la calidad en la fase dos, se encuentra una reunión general con todo el departamento para establecer las tolerancias máximas y mínimas en las revisiones, para disminuir el reporte de errores que no son necesarios debido a que existen medidas que aún pueden ser contempladas como correctas dentro del proceso de revisión, así que luego de establecer los nuevos parámetros, se realiza una

reunión de 15 minutos con cada uno de los ingenieros, se explica cuales son los errores más comunes de cada uno de ellos, se les brinda recordatorios sobre la realización de los casos además de una herramienta visual donde se observa la calidad de cada uno, esto mostrando únicamente el dato del ingeniero que se esta analizando, esto para evitar malos entendidos y enfocarse únicamente en la mejora de la calidad propia.

5.6.4. Segundas mejoras implementadas

Para las segundas mejoras del departamento en la fase dos, se propone atacar los errores con mayor profundidad, involucrando de forma más personal a los ingenieros con sus propios errores sin caer en juicios que puedan afectar la motivación de cada uno de los ingenieros, para esto se trabaja en primer lugar de nuevo con el equipo completo, mostrando los resultados obtenidos del mes anterior, que de respaldo a esta segunda mejora, posteriormente se realiza una reunión individual con cada ingeniero para analizar por separado los datos de calidad de cada uno de ellos, mostrarles sus puntos fuertes y en los que aún pueden mejorar, esto se trabajara durante la mitad del mes de setiembre y todo el mes de diciembre, para obtener los resultados finales de la evaluación semestral, sin embargo, se hará una reunión al finalizar el mes de noviembre para observar los resultados obtenidos durante ese mes e identificar si aún hacen falta mejoras por implementar en la incidencia de errores en los casos.

5.6.4.1. Para los errores por ingeniero

Los errores por ingeniero se trabajarán con un reporte pequeño de la calidad y los tipos de errores de cada uno de ellos, este reporte incluye datos como la representatividad de los tipos de errores en sus procesos, la calidad semestral durante cada mes, la calidad frente a todo el departamento y las mejoras que se pueden realizar para minimizar la cantidad de errores, estas mejoras son pequeñas pautas que se deben seguir en la realización de los casos pero que en ocasiones debido a la complejidad de los casos, se tienden a olvidar algunos aspectos que posteriormente pueden llegar a afectar el reporte final y su posterior revisión.

El reporte realizado para cada ingeniero incluye los siguientes aspectos:

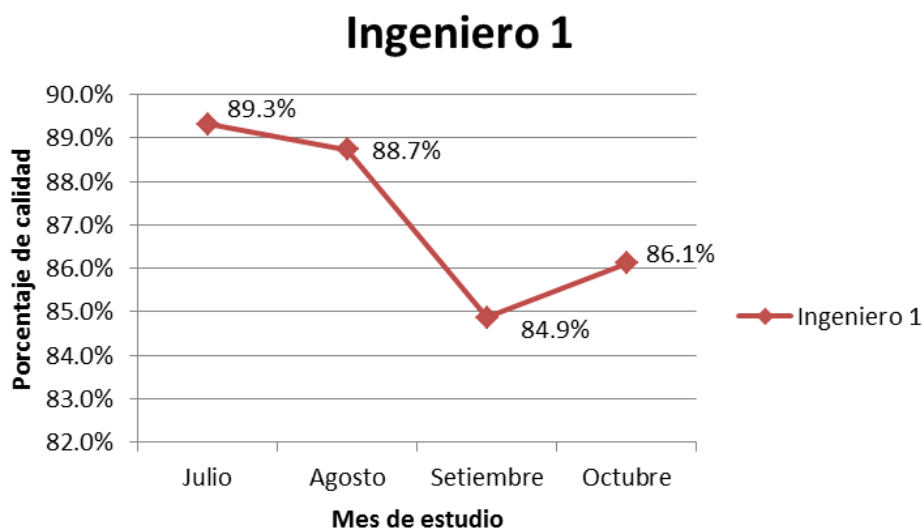


Figura 62. Gráfica de progreso de calidad semestral

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Errores del ingeniero 1

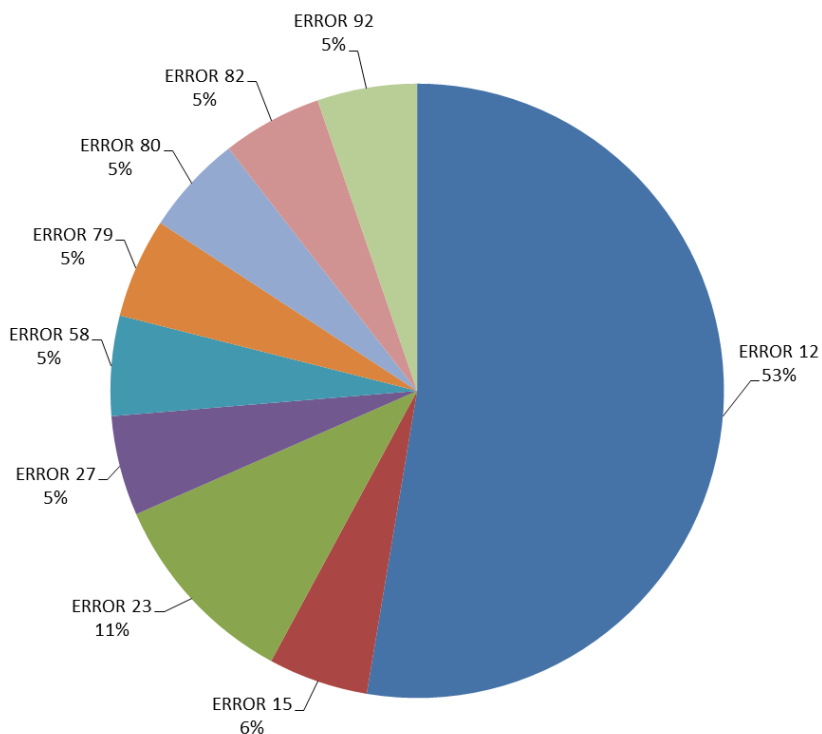


Figura 63. Gráfico de representación de errores en el proceso

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Recordatorios para la realización de casos	
Observar requerimientos del cirujano y el PCMS antes de comenzar	Distancia entre el femur y la guía además del femur y el periscope
Anotar cualquier cosa que surja en el proceso, apendices extra , comentarios y demás	Distancia del PONK y el sharktooth
Al hacer los apendices, revisar el lado de la pierna y que sean las imagenes correctas	Verificación de notas y medidas del reporte
Al finalizar el caso revisar los puntos más probables de error	Nombre del paciente, fecha de cirugía, comentarios del ingeniero
	Revisar especificaciones del doctor y del PCMS, rotación, flexión, etc.

Tabla 17. Mejoras que se pueden implementar en el proceso

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

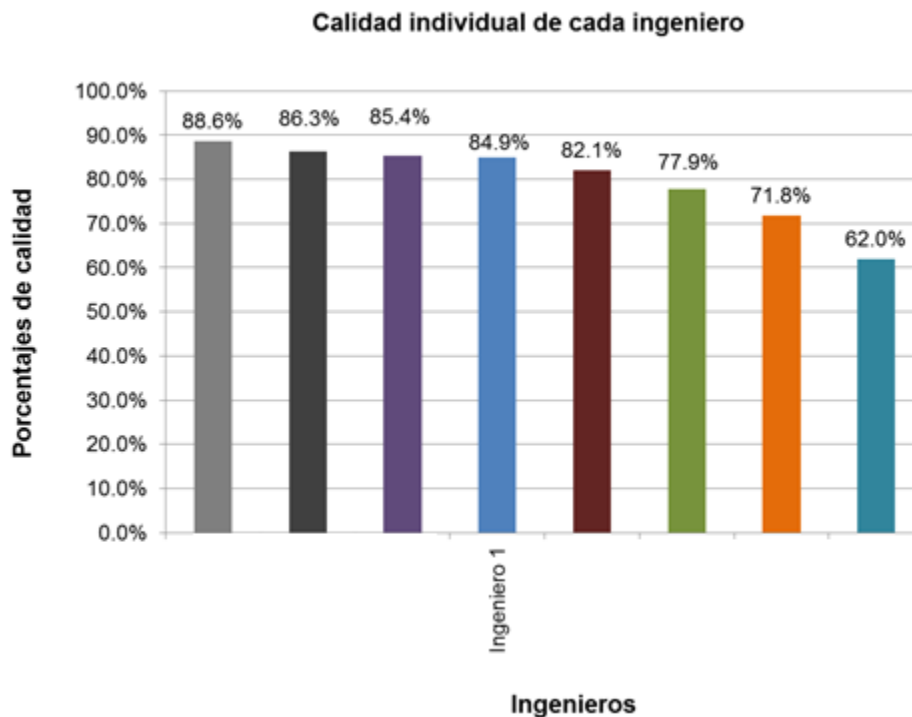


Figura 64. Gráfico de calidad posición en todo el equipo

Fuente: Elaboración propia según datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

5.6.4.2. Para los errores de los ingenieros nuevos

Para los ingenieros nuevos se realiza una reunión aparte únicamente con los dos últimos contratados, esto para analizar los errores más comunes durante el tiempo de curva de aprendizaje que llevan que es de aproximadamente dos meses al mes de noviembre, y además se realiza una pequeña capacitación de cómo arreglar los errores más comunes para que puedan ir aumentando la calidad antes de entrar a las métricas del departamento, lo cual será en la primer semana de enero del año 2020, se entregan los mismos recordatorios en la realización de los casos, como con los ingenieros con más tiempo en el departamento y además se analiza la calidad de cada uno de ellos a través de cada semana y cómo esta se comporta en el tiempo.

Debido a la confidencialidad del proceso no se muestra en detalle la herramienta utilizada para la capacitación ya que esta incluye procedimientos que se encuentran dentro de los protocolos de la empresa que no pueden ser revelados en este documento, sin embargo se nombrarán los pasos del proceso de la capacitación en errores del proceso para ambos.

- Los lineamientos que se siguen durante la capacitación son los siguientes
- Muestra de la calidad semestral del departamento al mes de octubre
- Muestra de la calidad de cada uno de ellos
- Errores más comunes del departamento
- Errores más comunes de cada uno de ellos
- Que se espera durante el próximo mes en la calidad de ellos
- Mejoras que se pueden implementar en el proceso
- Datos clave en la realización de los casos, protocolo y demás
- Posibles mejoras en el proceso de capacitación

El último punto que se toma en la capacitación se debe la posible reestructuración de la misma, aprender de los errores cometidos durante esta última capacitación podría mejorar el proceso haciendo que para futuros ingenieros el entrenamiento sea más eficaz y se abarquen más posibles errores desde el primer momento, además de que es más fácil aprender de quienes recién se integran al departamento y su experiencia durante todo el proceso

5.6.4.3. Para el reporte de errores en los casos

Actualmente se cuenta con una hoja de revisión que cuenta con 94 puntos que deben ser verificados durante el proceso, esta hoja se ve de la siguiente manera:

Title: PROPHECY® ADVANCE® & EVOLUTION® Engineering Review Checklist

Document Owner/Dept: Prophecy®

Document No.: WD009937

Effective Date: 30-October-2018

Rev.: 05

Status: Issued

Parent Doc.: WD011129

Issued Date: 30-October-2018

This checklist is designed to be used in conjunction with the Procedure for Performing a PROPHECY® Engineering Review (WD011129)

This must be completed prior to the release of the surgical alignment report.

CASE TRACKING SYSTEM REVIEW

Case Number: _____	Surgeon: _____	Surgery Date: _____
Part Number: _____	Side: _____	Eng. Assigned: _____
Patient Name _____		Revision Divots: _____
Does the part conform to the PROPHECY® Design Risk Analysis Activities? _____		Yes _____ No _____
Design verification/validation activity completed in CAD assembly layout _____		Yes _____ No _____
Has the case been rejected? _____		Yes _____ No _____

Instructions: Use a check if the item matches the preference requested. If not, use an X and use the Engineering Review Comments box to note whether the line item has been Fixed, or if the deviation from initial surgical preference is justified and is documented in the alignment report. For specific non-applicable items use ---. (PGB = Prophecy Gap-Balancing specific)

SURGEON / PCMS COMMENTS: _____

PRELIMINARY CHECK REPORT

1 Evolution®	—	Advance®	✓	Gap Balancing®	—
2 Case tracking system information (Raw data vs. PCMS)	✓				
3 CAD and Reported measurements MATCH	✓				
4 Pre-op Alignment (Varus/valgus swing >5°)	✓				
5 Flexion contracture (if >15°)	—				
6 Femur Resection deviation	—				
7 Distal Extent inversion	—				
8 Tibia resection deviation	✓				
9 Compartment point inversion	—				
10 Images Correct	✓				
11 Guide Special Features (Ex: MRI not wrapping)	X				
12 Check appendixes and Case information	X				

FEMORAL COMPONENT ALIGNMENT

13 Femur AP Position (check one)					
Anterior flange placed to prevent notch or overhang	✓				
8mm off posterior lateral condyle	—				
10mm off posterior medial condyle	—				
14 Femur Rotation (check one)					
Trans-epicondylar Axis (TEA)	—				
3° External to the posterior condyles	✓				
Whiteside's Line	—				
15 Femur Varus-Valgus/Flexion (Fill one)					
Mechanical Axis	_____°	Anatomical Axis	_____°	✓	

FEMORAL LANDMARK POINTS CORRECTLY PLACED

16 Rod Insertion point	✓
17 Femoral Head Center	✓
18 M/L Epicondyles	✓
19 Distal M/L Extent	✓
20 Posterior M/L Extent	✓
21 P/D Anatomic Canal Points	✓

TIBIAL COMPONENT ALIGNMENT

Tibia Proximal Cut Reference (check one)					
22 Mechanical Axis	✓	Intramedullary Axis	—		
Tibia Rotation (check one)					
23 Medial 1/3 tubercle	—	Medial tubercle	✓		
Tibial Slope (check one)					
24 Posterior	_____°	Natural Slope	_____°	✓	

TIBIAL LANDMARK POINTS CORRECTLY PLACED

25 Proximal Tibia	✓
26 Tibia Ankle	✓
27 M/L Compartments	✓

FEMORAL COMPONENT SIZING and ALIGNMENT SPECIFICS

28 Size	Std	Stat	—	PS	—	EVO	—	✓
29 Flexion	_____°	Extension	_____°	✓				
30 Overhang	—							
31 Distal cuts (mm)	Medial	Lateral	✓					
32 Posterior cuts (mm)	Medial	Lateral	✓					

TIBIAL COMPONENT SIZING and ALIGNMENT SPECIFICS

33 Size	Plus Base	_____	✓
34 Resection level	_____ mm from the	_____	✓
35 Overhang	—		
36 Check insert type (MP, DH, PS, CS, CR)	✓		

POSTERIOR BLOCK (GAP BALANCING ONLY)

37 Cutting block placement	—
38 Guide fixed	—
39 Outer radius is radius of femur implant + 6mm	—
40 Cavity / bone interface correct	—
41 Flat on posterior face is correct	—
42 CASE number (CXXXXX):	_____
43 Part Number:	_____
44 Single Use Only Symbol	—
45 Fixation pin holes placed correctly	—

Reviewer requirements: Must be a Reviewing Engineer as defined in WD011129.

Figura 65. Reporte de revisión parte 1

Fuente: MicroPort Orthopedics

Title: PROPHECY® ADVANCE® & EVOLUTION® Engineering Review Checklist

Document Owner/Dept: Prophecy®

Document No.: WD009937

Effective Date: 30-October-2018

Rev.: 05

Status: Issued

Parent Doc.: WD011129

Issued Date: 30-October-2018

This checklist is designed to be used in conjunction with the Procedure for Performing a PROPHECY® Engineering Review (WD011129)

This must be completed prior to the release of the surgical alignment report

FEMUR GUIDE

46	Cutting block placement	✓
47	Guide / Guide frame interface correct (PGB)	—
48	Guide / Pin guide interface correct (PGB)	—
49	Guide / Cutting block fixed	✓
50	Distance from femur (2<D<3mm)	✓
51	Cavity / bone interface correct	✓
52	Guide distal thickness from distal cut (ADV 12mm; EVO 13mm) (PGB)	—
53	Arms Thickness (>10.4 mm)	✓
54	Chamfer Thickness (>4.4 mm)	✓
55	CT/MRI: Distal holes coincident with 4in1 block Axes	✓
56	CT: 0.75 mm anterior offset (4in1 and implant)	✓
57	MRI: No anterior offset (4in1 and implant)	—
58	Angel wings match 4in1 block	✓
59	Angel wings width (1.524 mm)	✓
60	Periscope placement	✓
61	CT Periscope offset (0.75mm)	✓
62	MRI without Periscope offset	—
63	Elephant foot if requested	✓
64	Cut extrudes and Fillets placed (Not Conforming)	✓
65	CASE number	✓
66	Surgeon	✓
67	Side Left: ✓ Right: —	✓
68	Size: Std Stat — PS — EVO —	✓
69	Part Number: PNFE4766	✓
70	Patients Initials :	✓
71	Single Use Only Symbol	✓

TIBIA GUIDE

72	Ponk Distance to Tibia (4<D<6mm)	✓
73	2mm offset (Cutting Block-Tibia resec.)	✓
74	Cutting Block/Guide are fixed	✓
75	Proximal holes match tibial tray (PNVT) Size —	—
76	No wrapping around the Medial edge (MRI)	✓
77	Sharktooth if requested	✓
78	Drop Rod angle MIS = posterior slope — °	—
79	Arms minimal thickness (>4 mm; >10.4 mm PNVT)	✓
80	Thickness (cavity and guide faces >4mm)	✓
81	Cut extrudes and Fillets placed (Not Conforming)	✓
82	Flats cuts for dimension	✓
83	CASE number	✓
84	Surgeon	✓
85	Side Left: Right:	✓
86	Size: Plus Base EVO —	✓
87	Part Number	✓
88	Patients Initials:	✓
89	Single Use Only Symbol	✓

PRINTS (must be updated)

90	Part Number	✓
91	JDE description	✓
92	All dimensions / tolerances are correct	✓
93	Drawn by	✓
94	Engineered by	✓
95	Date is correct	✓
96	Material WD009452	✓
97	Revision Divots (if required)	✓

REPORT

a	Check Custom Properties	✓
b	CAD and Reported measurements MATCH	✓
c	Correct implant shown in pictures	✓
d	Images do not show landmark points	✓
e	Check femoral flexion or extension	✓
f	Check engineer comments	✓
g	Appendixes if needed	✓
h	Manufacturability guidelines followed	✓
i	Sterility guidelines followed	✓

Other alignment or guide design deviations:	
—	—
—	—
—	—
—	—

Engineering Review Comments		
Is the item fixed (F) or Justified & Documented (JD)		
#	F/JD	Comment(if needed)

Figura 66. Reporte de revisión parte 2

Fuente: MicroPort Orthopedics

Este documento es un archivo realizado en Excel, que permite marcar los puntos como bueno y malo agregar los comentarios correspondientes a cada error, en esta misma hoja, existe un botón, el cual al finalizar la revisión, debe ser presionado para que el documento se imprima en PDF, este mismo botón es el que envía los datos de los errores a la base de datos del departamento que posteriormente se revisan para determinar la calidad de cada uno de los ingenieros.

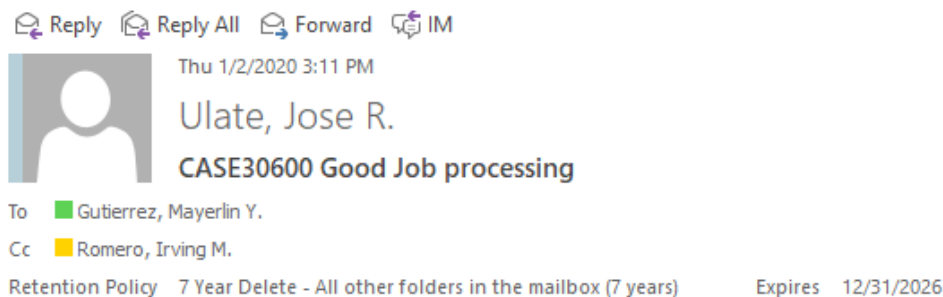
Para este punto se propone la mejora de reportar a los ingenieros en tiempo real la calidad de los casos, para poder realizar esto, se determina una mejora en la hoja de revisión de Excel aprovechando las herramientas para la creación de macros que esta posee, por lo que se modifica el botón de creación de PDF y envío de incidencias, para que este envíe un correo electrónico a cada ingeniero responsable de la realización del caso y al mismo supervisor cada vez que se haga una revisión.

Por lo que la implementación está conformada por las siguientes mejoras:

Se modifica la hoja de revisión en su programación mas no en su contenido original para la realización del procedimiento normal estipulado de acuerdo al protocolo, por lo que el documento final no necesitará pasar por una validación ya que las mejoras no cambian su funcionalidad original sino que se adapta a las mejoras necesarias en el sistema de calidad, estas mejoras en la hoja de revisión, se componen de la programación del botón para la creación del PDF al finalizar el reporte, para que este revise el cuadro de "Engineering Review comments" y pueda tomar los datos que ahí se indican, en caso de no existir errores en el proceso, este botón enviara de forma automática un correo electrónico al ingeniero que realizó el caso con un mensaje que le indique que el caso no tiene errores, en caso contrario, si existiese un error, se enviará

un correo electrónico informando del error que se encontró en el caso y la justificación del mismo, de este modo, el alertar al ingeniero de la existencia de este tipo de error le hará crear conciencia con los demás casos que deba trabajar durante la semana y así no tendrá que esperar sus resultados de calidad hasta la semana posterior y recibir alguna sorpresa no deseada.

Los correos que se están enviando son los siguientes:






Hola!


El motivo de este correo es para felicitarle por el buen trabajo realizado al procesar el caso 30600. Esperamos que siga así, realizando un excelente trabajo en sus labores!



Atentamente,
Área de calidad de ingeniería
Prophecy Costa Rica

Figura 67 Reporte de buen trabajo

Fuente: Elaboración propia

 Reply
  Reply All
  Forward
  IM


 Thu 12/12/2019 5:13 PM
Gutierrez, Mayerlin Y.
CASE30000 Error

To  Gutierrez, Mayerlin Y.
 Cc  Gutierrez, Mayerlin Y.

Retention Policy 7 Year Delete - All other folders in the mailbox (7 years) Expires 12/10/2026

Hola!

El motivo de este correo es para notificarle que hubo un error en el caso 30000.

Engineering Review Comments

#	Comment(if needed)
12	Missing Comments
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

Favor revisar el tipo de error e intentar corregirlo en los proximos casos. Gracias!

Atentamente,
Área de calidad de ingeniería

Figura 68. Reporte de error en los casos

Fuente: Elaboración propia

5.6.4.4. Documentación de procesos.

Debido a la existencia de procesos que no han sido documentados, se procede a la realización de estos documentos, siendo estos más como una guía para la realización de los mismos y no una definición de un nuevo proceso, por lo que estos no deberán tener la validación propia de los documentos más formales.

Se realiza la documentación del procedimiento para realizar casos “Proximal holes” los cuales son casos específicos cuyas características en la tibia cambian viéndose de la siguiente manera:



Figura 69. Guía tipo proximal holes

Fuente: MicroPort Orthopedics

La documentación no se adjuntará debido a cuestiones de confidencialidad en los procedimientos para la realización de los casos, sin embargo se indica que el mismo documento ya está siendo utilizado por el departamento de ingeniería para agilizar el aprendizaje en el procesamiento de los casos de este tipo, además se determinó una carpeta con todos los archivos necesarios para la realización de estos casos y así no tener que buscar cada herramienta por aparte.

Entre otra de las mejoras que se realizaron es que se compartió un documento con todas las direcciones necesarias para la realización de los casos que se encuentran

dispersas dentro del servidor, algunos de los documentos que se encuentran en este archivo son:

- Requerimientos de cirujano
- Procedimientos varios para la realización de los casos
- Apéndices según la tecnología del caso
- Documentación para casos “proximal holes”
- Archivo para reporte en las métricas de eficiencia
- Entrenamientos en procedimientos
- Proyectos del departamento

La idea de crear un solo documento en Word donde vengan las direcciones necesarias para la realización de los casos ha ayudado mucho más a la aclaración de dudas y agilización en los procedimientos.

5.6.5. Resultados de las segundas mejoras en la calidad del departamento de ingeniería

Las segundas mejoras fueron implementadas durante los meses de noviembre y diciembre, involucrando directamente a todos los ingenieros del departamento, por lo que los resultados obtenidos para estos meses son los siguientes:

5.6.5.1. Análisis semestral

Se realiza un análisis semestral debido a que el objetivo es lograr aumentar la calidad del departamento y lo que visualmente mejor lo demuestra es la calidad semestral que se iba obteniendo con el pasar de los meses, ya que este es el que contribuye a la observación de la calidad final anual de cada uno de los ingenieros,

tomando en cuenta que el tiempo de análisis del estudio abarca los meses suficientes para poder mostrar resultados semestrales satisfactorios.

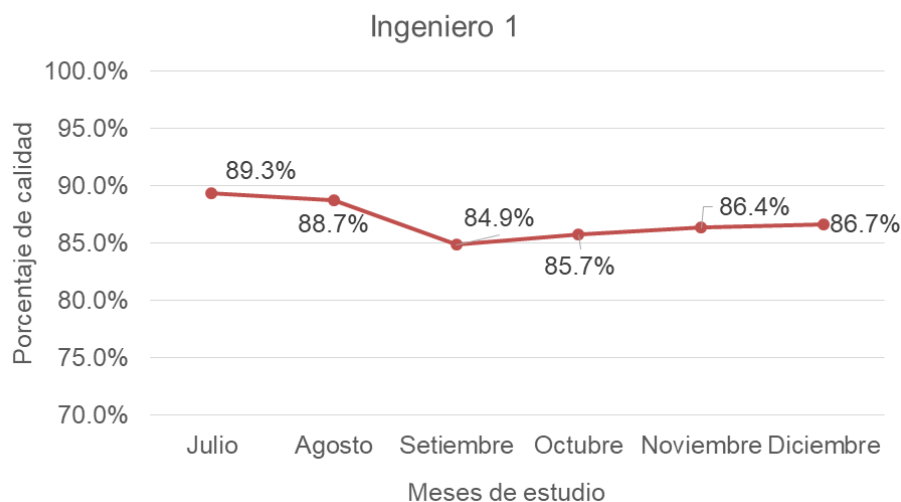


Figura 70. Calidad final semestral del ingeniero 1

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para este ingeniero se observa que la calidad semestral fue aumentando, este era el objetivo, lograr que la calidad semestral final de cada ingeniero estuviera por encima del 83% esperado para que cuando los nuevos ingenieros entraran al proceso fuera una incursión más acertada y fácil de manejar en temas de calidad total del grupo, por lo que este ingeniero supero las expectativas y si logró subir su calidad aproximadamente un 1% cada mes.

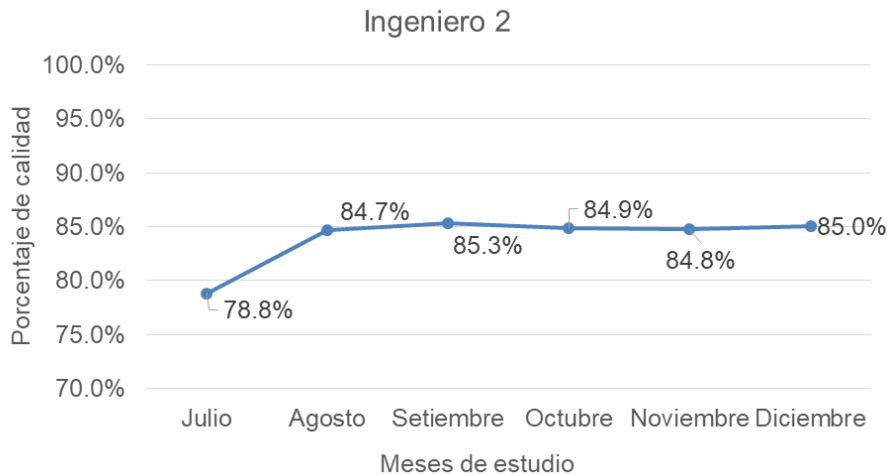


Figura 71. Calidad final semestral del ingeniero 2

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero aunque fue más complicado lograr aumentar su calidad semestral, se logró llegar más alto del mínimo de 83% esperado, por lo que este también muestra una mejora al final del período de estudio. Aunque su mejoría no fue muy significativa, un 0.2% es un buen indicador en el departamento de ingeniería.

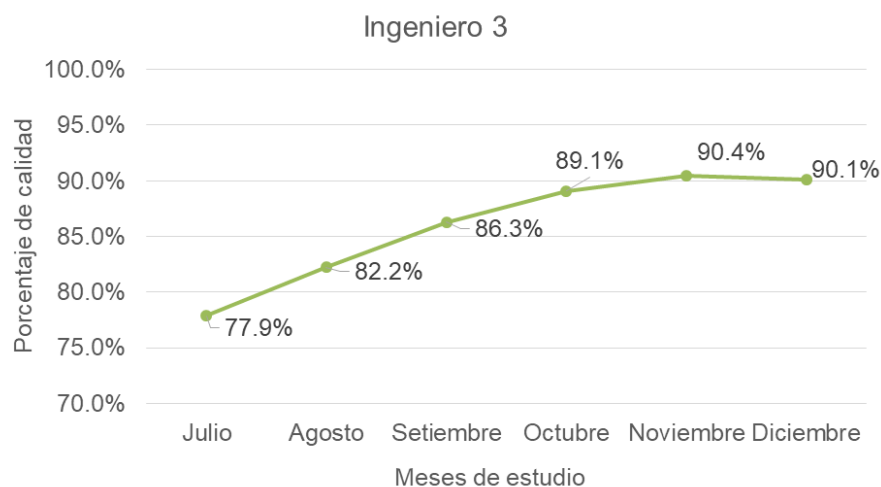


Figura 72. Calidad final semestral del ingeniero 3

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero muestra excelentes resultados durante los dos últimos meses del año, a pesar de que durante el mes de diciembre bajo un 0.3% en la calidad, este se encuentra muy por encima del mínimo esperado por lo que su mejoría con el pasar del tiempo de igual manera puede verse reflejada en los resultados obtenidos.

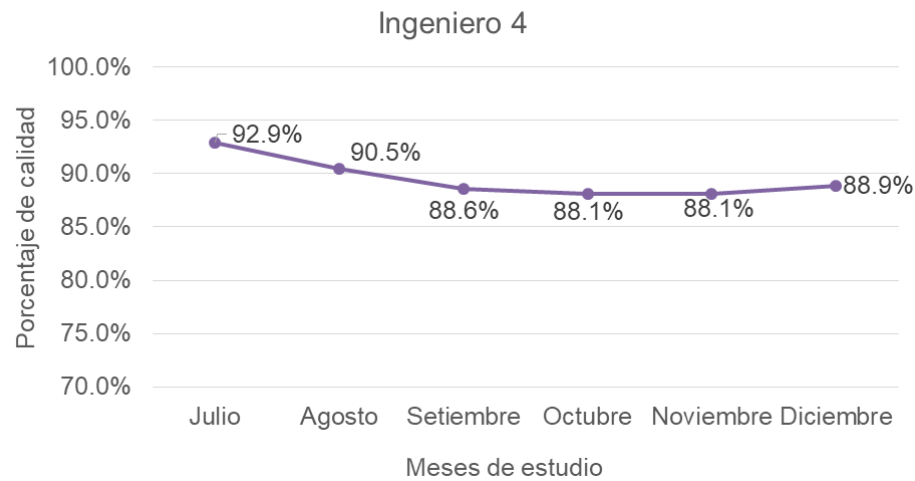


Figura 73. Calidad final semestral del ingeniero 4

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero a pesar de que su calidad iba en descenso durante los 3 primeros meses del semestre, logró aumentar su calidad al final del mismo, esto contribuyó a que su calidad no siguiera disminuyendo y que superara el mínimo establecido en el departamento, además esto contribuyó a que la calidad del equipo completo pudiera aumentar de igual manera.

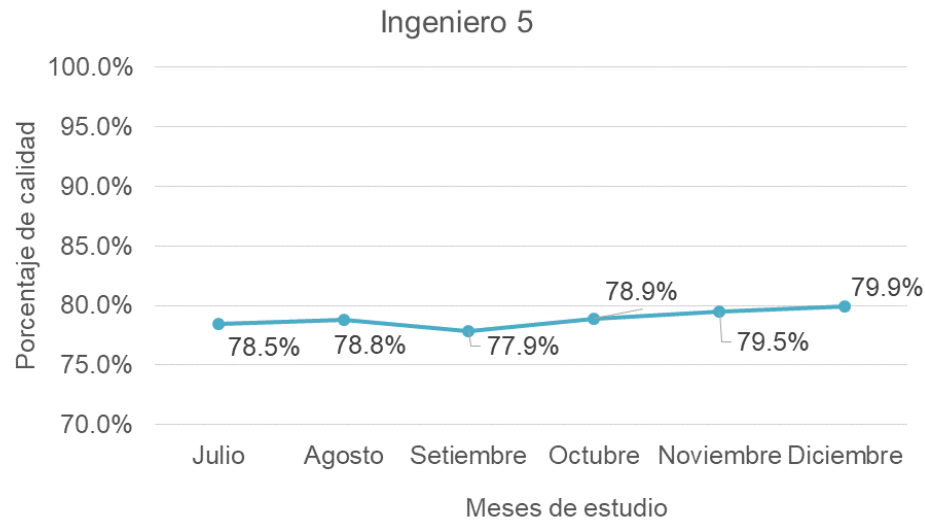


Figura 74. Calidad final semestral del ingeniero 5

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero mostró muy poca mejoría al final del período, no logro que al finalizar el semestre, en este tuviera una calificación cercana al mínimo establecido, por lo que en este ingeniero se tomaron medidas distintas donde el supervisor del departamento fue el encargado de intentar solucionar la situación, debido a que se sabe que las mejoras son posibles, este ingeniero tiene la responsabilidad y los conocimientos necesarios para aplicarlas.

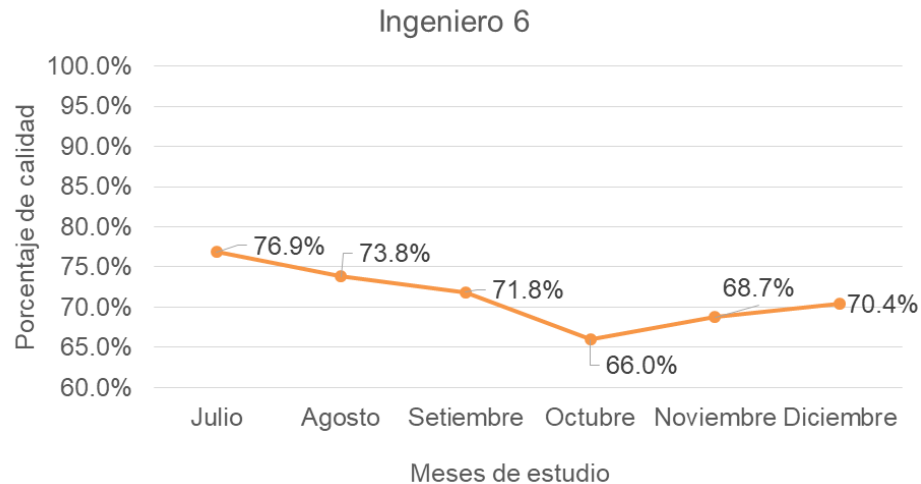


Figura 75. Calidad final semestral del ingeniero 6

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero mostró gran mejoría a partir de las soluciones que se implementaron en el departamento, logró aumentar su calidad casi un 2% cada mes, lo que es bastante bueno, y aunque no logró llegar al mínimo establecido, la muestra de su interés en la mejoría es bastante significativo, igualmente, se tomaron medidas especiales con el supervisor, debido a que esta persona es una de las que más tiempo tienen en el departamento, por lo tanto, es de las que más conocimientos y habilidades para la realización de los casos tiene.

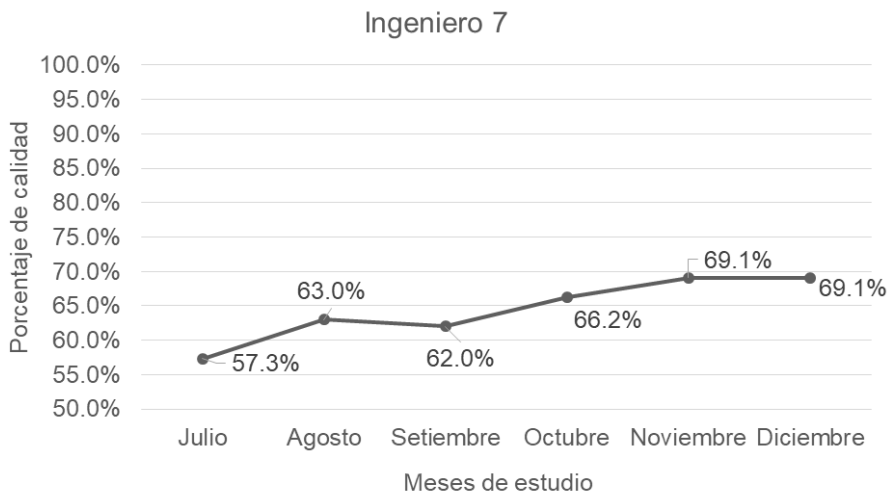


Figura 76 Calidad final semestral del ingeniero 7

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero no mostró mejoría durante el último mes del año sin embargo no disminuyó su calidad lo cual es bastante bueno de igual manera, sin embargo este es otro de los ingenieros con los cuales se tomaron medidas especiales con el supervisor, este ingeniero además mostro interés en los cambios realizados en el departamento y continua mejorando su calidad.

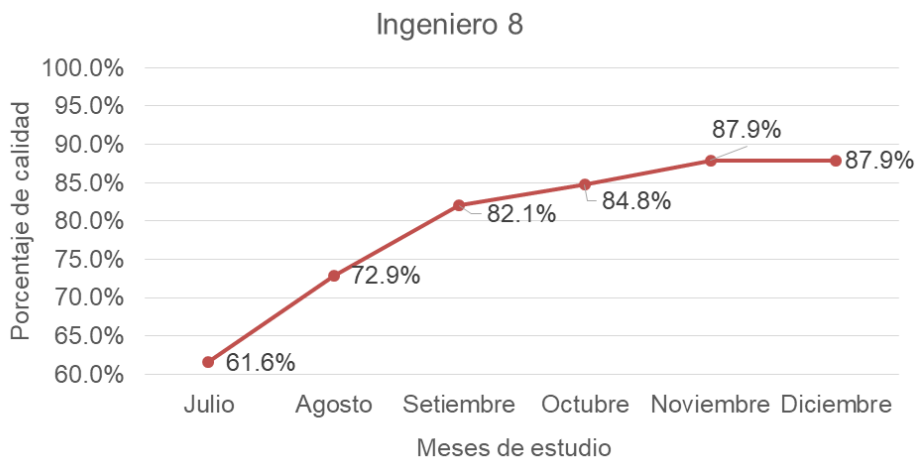


Figura 77 Calidad final semestral del ingeniero 8

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero mostró una mejoría de casi un 3%, esta es una gran mejoría y aunque no siguió mejorando durante el último mes, tampoco disminuyó su calidad, esto demuestra que este ingeniero implementó de buena forma las mejoras realizadas al proceso y tomó más conciencia del tipo de errores que usualmente comete en el proceso.

5.6.5.2. Análisis mensual

Se realiza un análisis de la calidad mensual de cada uno de los ingenieros, esto se realiza a partir del promedio de la calidad semanal de cada uno de los meses, este muestra la mejora que se puede ir obteniendo mensualmente y no una suma progresiva de todos los casos, de esta forma se puede analizar mejor cada uno de los meses y se reconoce cuáles son los meses que tuvieron mayor conflicto para los diferentes ingenieros.

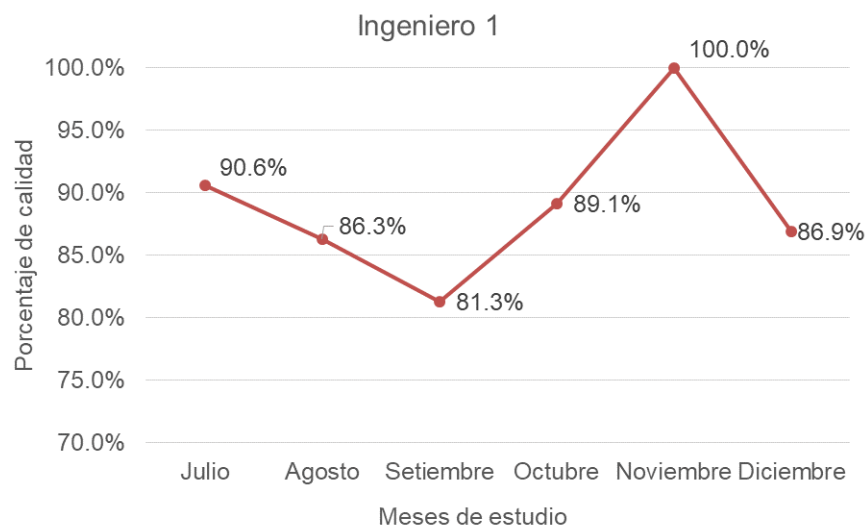


Figura 78. Calidad final mensual del ingeniero 1

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero muestra una mejora muy grande durante el mes de noviembre, sin embargo, en diciembre disminuyó, aun así su calidad promedio de cada una de las semanas muestra que esta aún por encima del mínimo, por lo que para este ingeniero solo se le recomienda continuar observando los errores más comunes durante este mes y además se espera continúe mejorando.

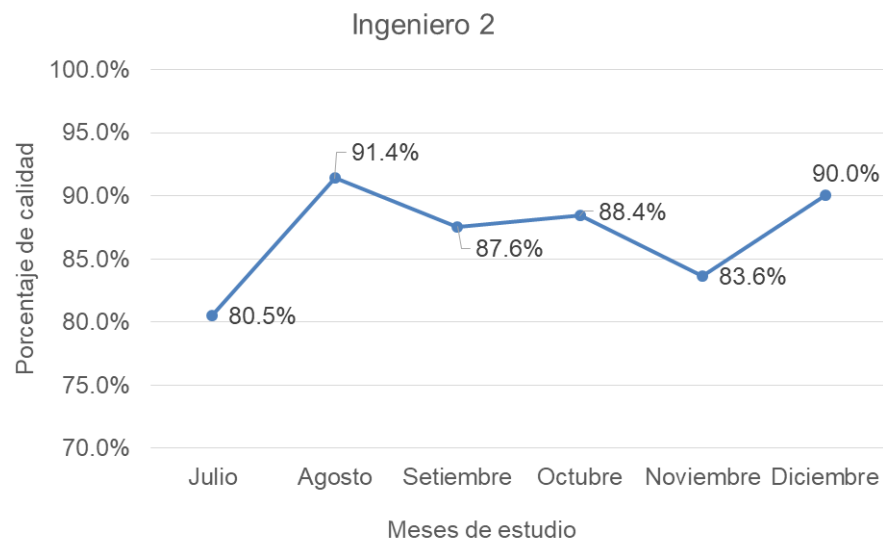


Figura 79. Calidad final mensual del ingeniero 2

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero muestra una mejoría significativa en su calidad durante el último mes del año por lo que se demuestra que las mejoras implementadas en el sistema funcionaron de buena manera, la calidad de este ingeniero subió bastante por lo que se espera que para los próximos meses del año 2020, pueda mantener la calidad de la misma forma e incluso siga mejorando.

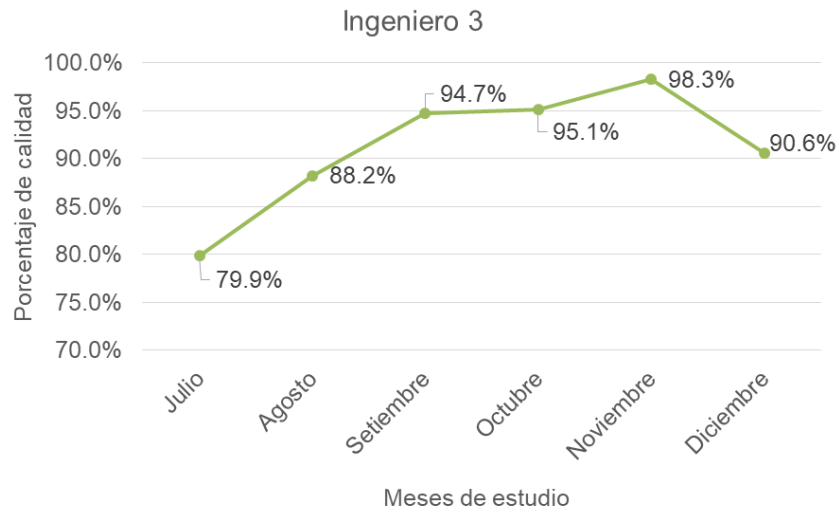


Figura 80. Calidad final mensual del ingeniero 3

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero siempre ha mantenido una calidad por encima del mínimo esperado por lo que esto significa que la incidencia de errores por parte de este ingeniero es muy poca, aunque la calidad disminuyó durante el último mes, aun así la calidad es muy alta, y se demuestra que es posible seguir mejorando a partir de las soluciones implementadas.

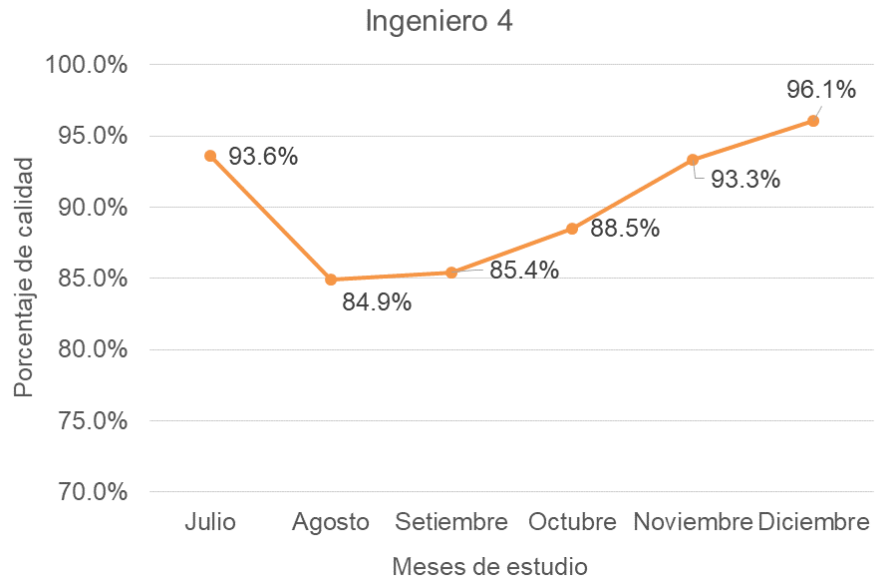


Figura 81. Calidad final mensual del ingeniero 3

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero mostró una mejoría significativa mes a mes, durante los últimos 3 meses continuó aumentando su calidad por lo que más mejoras impuestas en el proceso dieron resultados favorables para este ingeniero, además de que demuestra que la incidencia en errores es mínima y que además puede seguir mejorando y obtener una buena calificación en la calidad del año 2020.

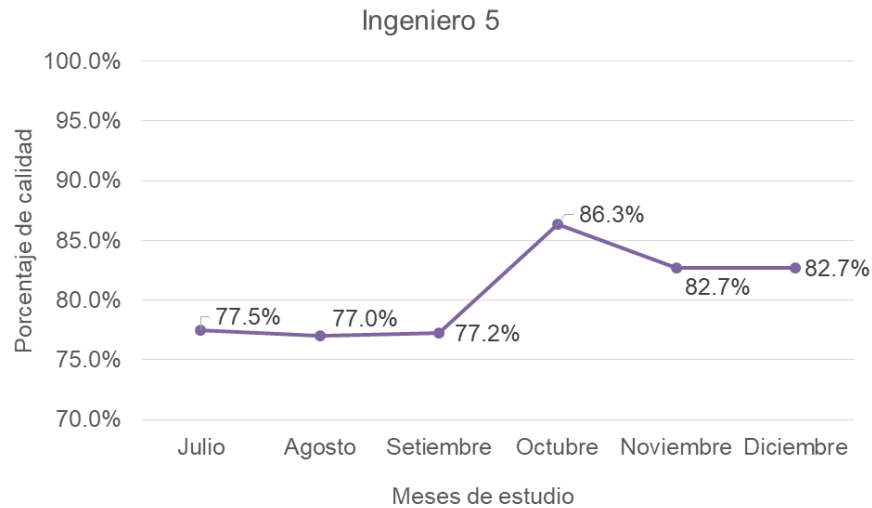


Figura 82. Calidad final mensual del ingeniero 5

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero no muestra mejoría en su calidad durante los últimos meses, y en vez de eso su calidad comienza a descender, sin embargo, durante el último mes no descendió más, sino que se mantuvo, de todas maneras, es necesario considerar que la calidad si puede aumentarse y que además este ingeniero no realiza casos diferentes de otros ingenieros, por lo que esto debe tomarse en cuenta para posibles mejoras para el próximo año.

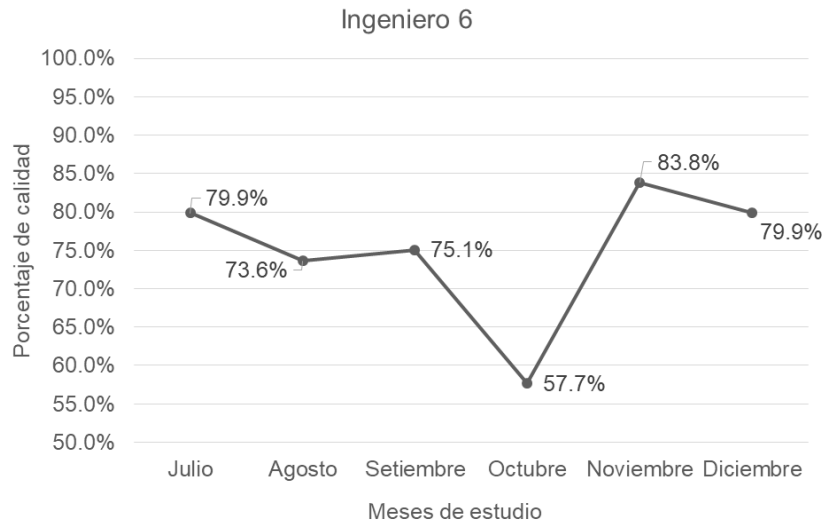


Figura 83. Calidad final mensual del ingeniero 6

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero estuvo mejorando su calidad pero para el mes de diciembre, bajó casi un 4%, aún debe seguir mejorándose la calidad y seguir implementando los cambios necesarios para que la calidad de ingenieros como él pueda seguir aumentando.

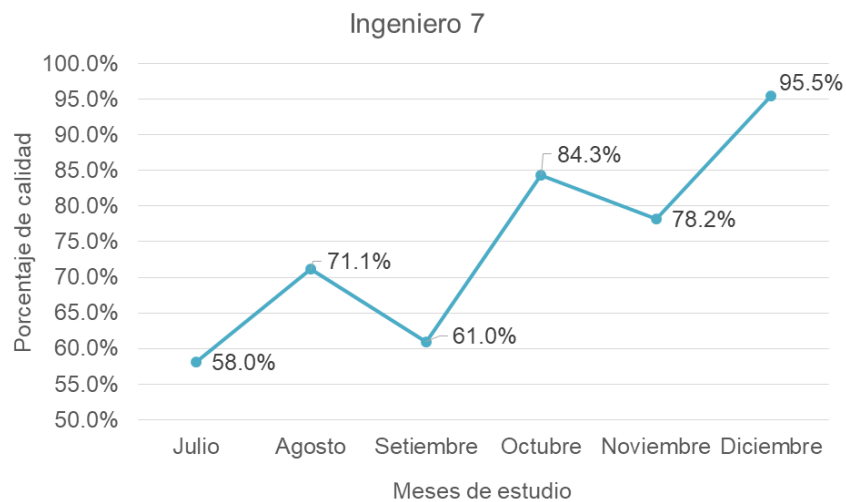


Figura 84. Calidad final mensual del ingeniero 7

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero tuvo un aumento muy grande durante el último mes, las mejoras implementadas en el departamento hicieron su función de la mejor manera posible en este ingeniero, la concientización de la calidad y de los errores del departamento fueron muy importantes para el para poder comenzar a mejorar poco a poco, por lo que se espera que pueda seguir mejorando durante el año 2020.

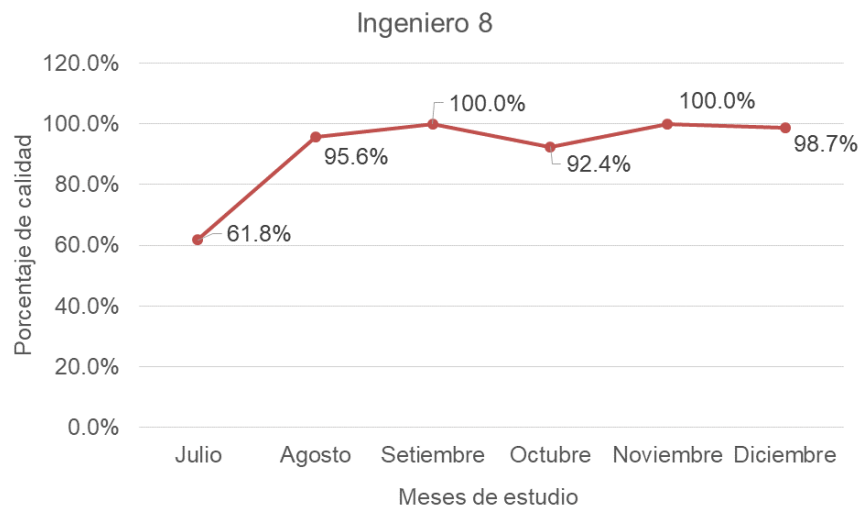


Figura 85. Calidad final mensual del ingeniero 8

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero tuvo una mejoría muy grande desde el mes de agosto, sin embargo, las mejoras implementadas han ayudado de igual manera a que la calidad del mismo se mantenga y pueda seguir mejorando, siendo este uno de los ingenieros con la mejor calificación de calidad del departamento durante los últimos meses del año.

La calidad total del equipo para el año 2019 fue de:

VS	PROPHECY
CASES	3499
ERRORS	524.75
RTY SM	86.07%
	★ ★ ★

Lo cual muestra que las mejoras implementadas lograron que el equipo completo pudiera mantener la calidad fuera del rango del mínimo esperado para el departamento, además de que se logró que los ingenieros al aumentar su calidad pudieran demostrar que el equipo tiene la capacidad para adaptarse a los cambios y establecer nuevos procedimientos que contribuyan a que los resultados obtenidos sean siempre satisfactorios.

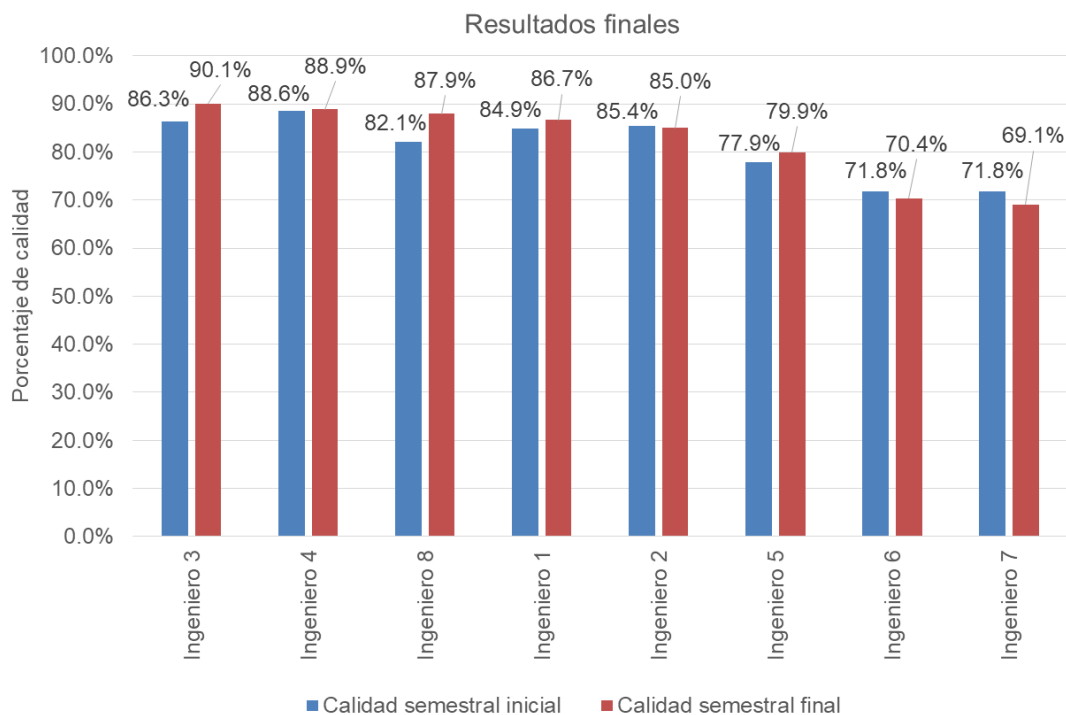


Figura 86. Resultados de la calidad semestral

Fuente: Datos de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

En la comparación del gráfico anterior se puede observar como en la calidad semestral inicial habían 4 ingenieros que se encontraban por debajo del 83%, mientras que en el de calidad semestral final, solo hay 3, lo cual muestra una mejoría en la calidad si además se observan los resultados obtenidos por cada uno de ellos al final del semestre, incluyendo el ingeniero 5, el cual aunque no logró alcanzar la meta, aun así tuvo una mejoría en su proceso, para los otros dos ingenieros que no lograron subir su calidad semestral, si se observan los gráficos de la calidad semanal durante cada mes, se puede observar como varía la calidad de cada uno de ellos mostrando incluso que el ingeniero 7 tuvo una mejoría significativa para el mes de diciembre.

Los resultados fueron satisfactorios, sin embargo, aún el departamento a través de todas las mejoras implementadas, se encuentra abierto a la realización de más cambios que puedan ayudar a mejorar el proceso y se pueda llegar a un a mejor optimización de cada uno de los resultados obtenidos.

5.6.5.3. Mejora en los tipos de errores

Para poder observar la mejora en la cantidad de errores por tipo se vuelve a observar la gráfica anterior donde se mostraba los errores más comunes del departamento, de esta forma se puede observar en la segunda imagen como hubo una mejoría significativa.

Cantidad de incidencias en el segundo semestre (julio, agosto, setiembre)

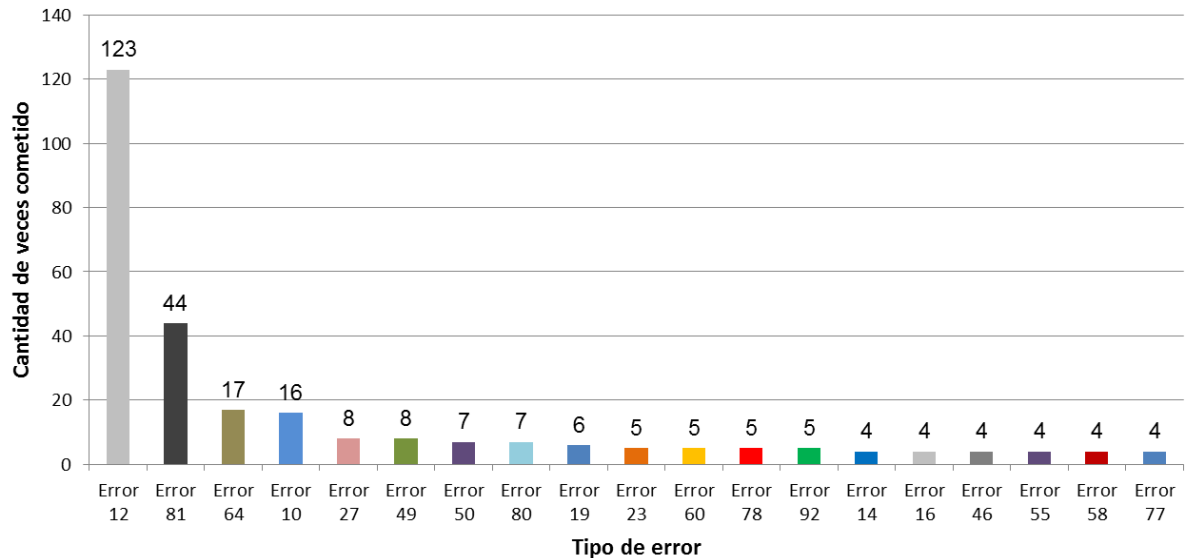


Figura 87. Errores más comunes de julio, agosto y setiembre

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este gráfico mostraba los datos de los tres primeros meses del semestre en estudio, se puede observar que la cantidad de errores era bastante grande de acuerdo a los datos que se pueden observar, principalmente el error doce, siguiéndole los errores 81, 64 y 10, por lo que se debía trabajar principalmente en estos para poder tener una mejora en la calidad total del departamento.

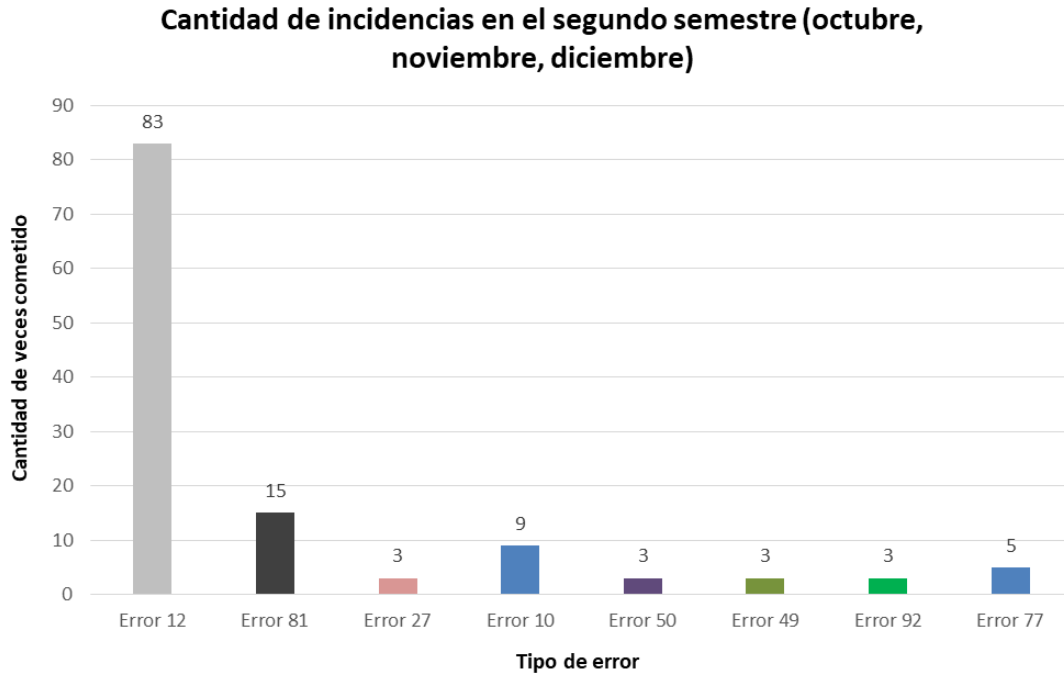


Figura 88. Errores más comunes de octubre, noviembre, diciembre

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Luego de la implementación de las mejoras se observa una disminución significativa de los errores, además de que muchos de estos errores lograron mejorarse en casi un 100% desapareciendo así de la gráfica. Existen otro tipo de errores que se cometieron una sola vez durante los meses en estudio, por lo que estos no tienen un peso significativo dentro de los resultados, así que se observan los errores más comunes para ver la mejoría que existe entre ellos, para esto se adjunta la tabla que aparece a continuación donde se observa la mejoría que existió entre los diferentes meses representado en porcentajes para mostrar de una forma más exacta los resultados obtenidos:

Tipo de error	Julio, Agosto, Setiembre	Octubre, Noviembre, Diciembre	Porcentaje de mejora
Error 77	4	3	25.0%
Error 12	123	83	32.5%
Error 92	5	3	40.0%
Error 10	16	9	43.8%
Error 50	7	3	57.1%
Error 27	8	3	62.5%
Error 49	8	3	62.5%
Error 81	44	15	65.9%
Error 64	17	0	100.0%
Error 80	7	0	100.0%
Error 19	6	0	100.0%
Error 23	5	0	100.0%
Error 60	5	0	100.0%
Error 78	5	0	100.0%
Error 14	4	0	100.0%
Error 16	4	0	100.0%
Error 46	4	0	100.0%
Error 55	4	0	100.0%
Error 58	4	0	100.0%

Tabla 18. Porcentajes de mejora en cantidad de errores

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

5.6.5.4. Mejora de los resultados de los nuevos ingenieros

Para los nuevos ingenieros las mejoras también aplicaron, pero se tomaron en cuenta de forma diferente, ya que ellos durante esos 3 últimos meses del año estaban aún en entrenamiento, por lo que las mejoras se pudieron implementar y así observar como la calidad de ellos poco a poco iba mejorando.

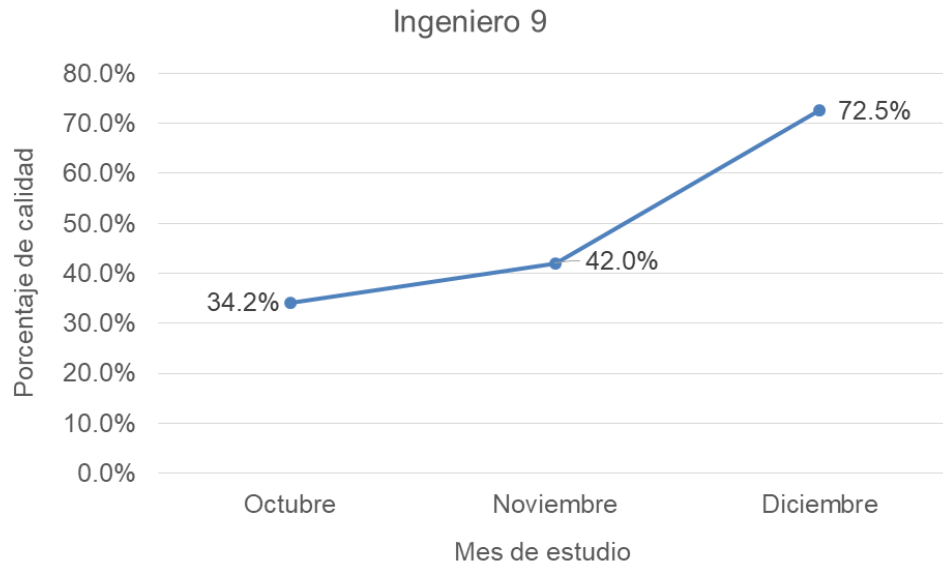


Figura 89. Mejora de la calidad del ingeniero 9

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Es normal que los ingenieros vayan aumentando su calidad al pasar del tiempo, sin embargo, la mejoría que mostró este ingeniero es significativa si se comparan los meses de noviembre y diciembre, esto le ayuda a que para su inserción a la calidad total del departamento durante el mes de enero en adelante del año 2020, pueda seguir mejorando para llegar a igualar e incluso mejorar los resultados de los ingenieros con más tiempo en el departamento, además se observa que durante los meses de noviembre y diciembre fue cuando se aplicaron las mejoras más significativas en el departamento, esto influyó en que su calidad subiera rápidamente.

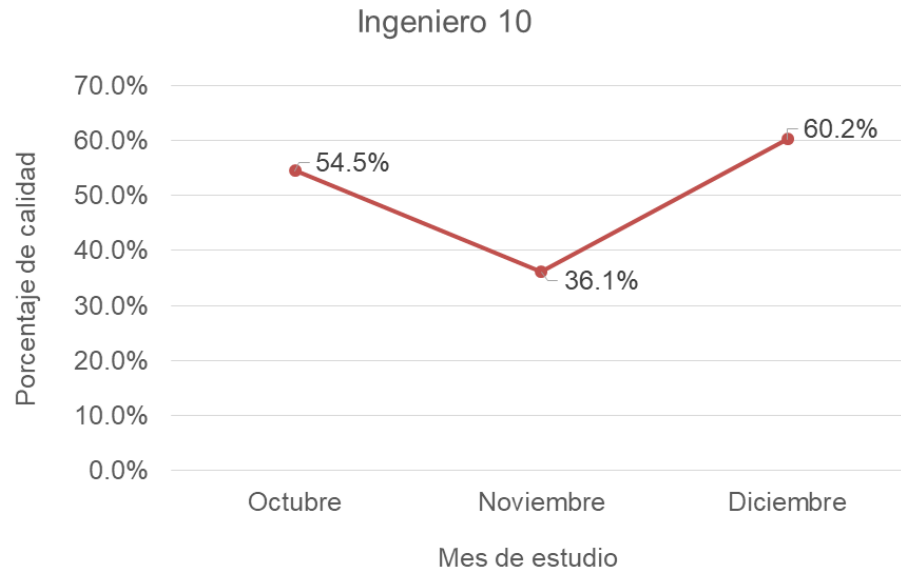


Figura 90. Mejora de la calidad del ingeniero 10

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Este ingeniero al igual que el anterior logró aumentar su calidad durante los últimos meses del año, esto de igual manera le ayuda a poder observar que la mejoría es bastante notoria y que las medidas de mejora que se implementaron son significativas y verdaderamente tuvieron un impacto real para estos ingenieros.

5.6.6. Ahorro en dinero, tiempo y cantidad de casos durante la investigación del proyecto

Este proyecto propuesto desde inicios del 2019, no había sido trabajado debido a que la cantidad de casos durante este año y el movimiento de compañeros a otros ingenieros, fue mayor de lo previsto, por lo que el tiempo que se podía dedicar a la realización de los proyectos en el departamento, tuvo que ser pausado hasta nuevo aviso, así que el aprovechamiento del conocimiento de la persona encargada de este

proyecto fuera de horas laborales es valioso para la empresa, ya que no deben invertirlo pudiendo perder producción y dinero en un proyecto que tomaría mucho tiempo realizarlo dada la complejidad del mismo. De esta manera, en la tabla 19 se muestra el detalle de los ahorros obtenidos por la organización en términos de tiempo, casos y dinero:

Mes	Tiempo total	Costo total	Casos
Julio	33.25 hrs	₡ 110,833	16.6
Agosto	17.75 hrs	₡ 59,167	8.9
Setiembre	31 hrs	₡ 103,333	15.5
Totales	82 hrs	₡ 273,333	41

Tabla 19. Costos de los errores antes de la mejora

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Para los casos de la primera mitad del semestre en estudio, se observa que el total de tiempo desperdiciado en la corrección de errores fue de 82 horas, lo que significa que si no existieran errores se hubieran logrado realizar al menos 41 casos más, además de que el costo de la corrección de estos errores fue de 273.333 colones aproximadamente, siendo este un costo sumamente elevado de acuerdo al estudio realizado anteriormente.

Mes	Tiempo total	Costo total	Casos
Octubre	23.25 hrs	₡ 77,500	11.6
Noviembre	13 hrs	₡ 43,333	6.5
Diciembre	9.75 hrs	₡ 32,500	4.9
Totales	46 hrs	₡ 153,333	23

Tabla 20. Costos de los errores después de la mejora

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Durante los últimos meses se logró disminuir la cantidad de errores que existían en el departamento, logrando disminuir de 82hrs de reproceso a solo 46hrs, esto significa que se logró mejorar 36 horas, lo que representa una mejora de 18 casos al mes, si se cuenta la cantidad de casos que se pueden hacer durante un día extra entre todos los ingenieros, la cual es de 2.5 casos por ingeniero, en total hay 8 ingenieros que podían hacer extras durante el tiempo de los últimos meses del año, esto representa un total de 20 casos, al haber disminuido la cantidad de errores, significa un total de 18 casos ahorrados en desperdicio, casi podría cubrirse la cuota de un día extra en el departamento lo que representaba un total de 300.000 colones, si se realiza la comparación del ahorro que existió con respecto a los casos únicamente en re procesos y disminución de errores, esto fue de un total de 120.000 colones, si a esto le restamos el costo del día extra, el departamento se ahorró aproximadamente 180000 colones.

Mejora	Tiempo total	Ahorro dinero	Casos	Ahorro con respecto al día extra
	36 hrs	₡ 120,000	18	₡ 180,000.00

Tabla 21. Mejora total en los costos del departamento

Fuente: Área de calidad de ingeniería de MicroPort Orthopedics

Ya que este proyecto fue realizado fuera de horario laboral por un colaborador de la empresa, se calcula el costo de este proyecto si se hubiera realizado dentro del horario laboral, esto para mostrar cuánto significa el tiempo invertido y cuánto se ahorró la empresa durante la elaboración de este proyecto.

Mes	Cantidad de horas trabajadas	Costo hora	Total
Setiembre	51	¢3,333.00	¢169,983.00
Octubre	51	¢3,333.00	¢169,983.00
Noviembre	34	¢3,333.00	¢113,322.00
Diciembre	17	¢3,333.00	¢56,661.00
Enero	20	¢3,333.00	¢66,660.00
Total	153		¢576,609.00

Tabla 22. Costo del proyecto en tiempo y dinero

Fuente: Elaboración propia

El costo de este proyecto sería un aproximado de 576.609 colones, los cuales la empresa se ahorró pudiendo aprovechar este tiempo que se hubiera invertido, en la realización de casos en el departamento de ingeniería.

Además, tomando en cuenta el costo de las reuniones con los ingenieros y el tiempo en el que la producción se detuvo, se estima un total de:

Ingeniero	Cantidad de horas requeridas	Costo hora	Total
Ingeniero 1	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 2	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 3	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 4	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 5	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 6	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 7	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 8	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 9	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Ingeniero 10	2.5	¢ 3,333	¢ 8,332.50
Total	25		¢83,325.00

Tabla 23. Costo real para el departamento de ingeniería

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.1. Costos de implementación

Para la implementación de estas mejoras se toman en cuenta los costos de la implementación de un nuevo proceso, en este caso es el análisis más profundo de los errores mensuales de cada uno de los ingenieros, para poder actuar de forma más eficaz sobre estos, de esta forma se estima la necesidad de utilizar al menos una hora mensual del ingeniero encargado de calidad para la realización de estos análisis, junto con el costo que esta representa durante cada mes, por lo que se estima un total de 39.966 colones.

Mes	Costo de implementación	Tarea
Enero	₡ 3,333	Análisis de errores del departamento
Febrero	₡ 3,333	
Marzo	₡ 3,333	
Abril	₡ 3,333	
Mayo	₡ 3,333	
Junio	₡ 3,333	
Julio	₡ 3,333	
Agosto	₡ 3,333	
Setiembre	₡ 3,333	
Octubre	₡ 3,333	
Noviembre	₡ 3,333	
Diciembre	₡ 3,333	
Total	₡ 39,996	

Tabla 24. Costos de implementación

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.2. Análisis costo beneficio

Para este análisis se toma en cuenta lo que costó durante los meses de octubre a diciembre la implementación de las mejoras necesarias para aumentar la calidad. Los costos de las mejoras junto con el beneficio logrado muestran que por cada colón invertido se obtienen 1.44 colones, lo que muestra que el proyecto fue exitoso en el

departamento no solo por las mejoras en los porcentajes de calidad, sino también en los costos que esto representa en el departamento.

Análisis costo beneficio	
Costo	₡ 83,325
Beneficio	₡ 120,000
Total B/C	₡ 1.44

Tabla 25. Análisis beneficio costo

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.3. Costo de inversión

Los costos de inversión toma en cuenta las horas que se tomaron para la realización del proyecto completo y el costo que esto representa de forma únicamente ilustrativa, además toma en cuenta las horas ingeniero, debido a que estas tuvieron que utilizarse para implementar las mejoras, por lo que si la empresa hubiera ocupado del tiempo y los recursos de la misma, el costo total de inversión hubiera sido de aproximadamente 660.000 colones.

Costo de inversión	
Horas de los ingenieros	₡ 83,325.00
Estimado del proyecto	₡ 576,609.00
Total de inversion	₡ 659,934.00

Tabla 26. Costo de inversión

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.4. Costos de operación

Los costos de operación esperados para la implementación de estas mejoras para el año 2020 es de aproximadamente 176.000 colones, esto toma en cuenta los tiempos en los que los ingenieros deben revisar sus reportes de calidad durante todo el año, lo cual cada mes les toma al menos 10 minutos, el tiempo en las reuniones dedicado

únicamente a los informes de calidad lo cual al mes son otros 10 minutos, y el tiempo de análisis errores cada mes, lo cual debe ser realizado por una persona.

Costos de operación			
Tiempos	Hrs	Costo hora	Costo anual
Tiempo de ingenieros	20.4	₡ 3,333	₡ 67,993.20
Tiempo de reuniones	20.4	₡ 3,333	₡ 67,993.20
Tiempo de analisis	12	₡ 3,333	₡ 39,996.00
Total	52.8	₡ 9,999	₡ 175,982

Tabla 27. Costos de operación

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.5. Ahorro anual

Tomando en cuenta las mejoras realizadas en el departamento, se anualizan los datos obtenidos reflejando cual sería el comportamiento en los dos escenarios, si el departamento hubiera continuado disminuyendo la calidad, el costo para el departamento sería de aproximadamente 1.093.333 colones, esto si no se hubieran realizado las mejoras, sin embargo, si las mejoras se mantienen en el tiempo e incluso continúan creciendo, el costo se reduciría a 613.333 colones, mostrando un ahorro anual de 480.000 colones, esto se analiza únicamente con los datos del segundo semestre de 2019 debido a que durante la primera mitad del año la calidad estaba por encima del mínimo y todos mantenían sus errores en la menor cantidad posible, ya que la calidad comenzó a disminuir durante esos primeros meses de la segunda mitad del año, se reflejan las mejoras con respecto a este comportamiento.

Periodo	Costos sin mejora	Costos con mejora
Trimestre 1	₡ 273,333	₡ 153,333
Trimestre 2	₡ 273,333	₡ 153,333
Trimestre 3	₡ 273,333	₡ 153,333
Trimestre 4	₡ 273,333	₡ 153,333
Total anual	₡ 1,093,333	₡ 613,333
Ahorro		₡ 480,000

Tabla 28. Ahorro anual

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.6. Variables para cálculo de los indicadores financieros

Variable	Valor	Fuente
Inflación	1.21%	El financiero
Interes	13%	El financiero
Plazo	5 años	MicroPort Orthopedics

Tabla 29. Variables para indicadores financieros

Fuente: El financiero de Costa Rica

La inflación se calculó realizando un promedio de la inflación en los últimos 5 años en Costa Rica los cuales fueron de:

2015	2016	2017	2018	2019	Promedio
-0.81%	0.77%	2.57%	2.03%	1.50%	1.21%

Por lo que se estima un 1.21% para el 2020. Los intereses se calcularon de acuerdo a los impuestos cobrados cada año por el país siendo estos de un 13%, y el plazo se estima según lo acordado con la alta gerencia y con el supervisor del departamento.

5.6.6.7. Flujos de efectivo

Periodo (años)	0	1	2
Beneficios	₡ -	₡ 480,000	₡ 480,000
Egresos	-₡ 660,000	₡ 176,000	₡ 176,000
Fujo de efectivo	₡ -	₡ 304,000	₡ 608,000

Tabla 30. Período de recuperación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos observados en la tabla 30, se estima que el período de recuperación si se hubiera realizado del proyecto pagando las horas invertidas por el ingeniero a cargo del mismo, sería de 2 años y 2 meses.

Flujo anual en la disminución de errores y mejora en la calidad						
Flujo de efectivo	0	1	2	3	4	5
Ingresos/ventas						
Ingreso reduccion de errores		₡ 480.000	₡ 485.808	₡ 485.808	₡ 485.808	₡ 485.808
Total		₡ 480.000	₡ 485.808	₡ 485.808	₡ 485.808	₡ 485.808
Costos-Gastos						
Costos de errores		₡ 153.333	₡ 155.188	₡ 155.188	₡ 155.188	₡ 155.188
Costos tiempo de ingeniero		₡ 83.325	₡ 84.333	₡ 84.333	₡ 84.333	₡ 84.333
Costos de operación		₡ 175.982	₡ 178.111	₡ 178.111	₡ 178.111	₡ 178.111
Total		₡ 412.640	₡ 417.633	₡ 417.633	₡ 417.633	₡ 417.633
Utilidad		₡ 67.360	₡ 68.175	₡ 68.175	₡ 68.175	₡ 68.175
Impuestos		₡ 8.756,80	₡ 8.862,76	₡ 8.862,76	₡ 8.862,76	₡ 8.862,76
Utilidad neta		₡ 76.117	₡ 77.038	₡ 77.038	₡ 77.038	₡ 77.038
Inversion inicial	-₡ 83.325					
Total	-₡ 83.325	₡ 76.117	₡ 77.038	₡ 77.038	₡ 77.038	₡ 77.038

TMAR	20,00% Anual	Impuestos	13% Anual	Inflación	1,21% anual
VAN	₡ 201.717				
TIR	88%				

Tabla 31. Flujos de efectivo

Fuente: Elaboración propia

5.6.6.8. Indicadores financieros e interpretación

Los ingresos se calcularon tomando en cuenta el ingreso anual en la reducción de errores y los gastos en la implementación de las mejoras. Según la decisión del supervisor y de la alta gerencia se determina que la tasa mínima de retorno fuera de 20% anual, de esta forma ellos garantizan la viabilidad del proyecto para la empresa.

Gracias a que la reducción en los costos que representaban los errores en el departamento disminuyó, se puede concluir que el TIR en cada período de operación analizado, será un retorno considerable para la empresa, debido a que según los resultados obtenidos se puede concluir que se tendrá un aproximado de 88% por cada período.

5.6.7. Control para las mejoras implementadas en el proceso

Para establecer un control de las mejoras implementadas en el proceso, se seguirán los siguientes lineamientos:

La hoja de revisión se subirá a la intranet para que esté disponible desde la página web que guarda los documentos de la compañía, esto se realizará para facilitar la obtención de la hoja para los nuevos ingenieros, sin embargo, no es un factor crítico que deba revisarse durante una auditoría ya que la forma de la hoja no cambio, únicamente el contenido desde la programación.

Se continuarán enviando reportes semanales totales con la calidad de cada ingeniero agilizando la información que el mismo contiene para que sea más fácil de entender, tanto para los ingenieros con más tiempo dentro de la empresa, como para los más nuevos.

La documentación de todos los procedimientos quedará disponible en los correos electrónicos de cada ingeniero, así como en una carpeta compartida para que sea de más fácil acceso.

Se aprovecharán las reuniones quincenales propuestas por el supervisor para así revisar la calidad semana de todos los ingenieros y ver la evolución de la misma, así de esta manera será más fácil actuar en caso de que se encuentre alguna anomalía, por lo que existirá un mejor manejo de los datos disponibles, para poder tomar decisiones de forma eficiente y eficaz.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se detallan las conclusiones obtenidas durante la elaboración del proyecto realizado en el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort Orthopedics en el tercer cuatrimestre del 2019.

6.1.1. Situación actual

Conclusión del objetivo 1: el cual consistía en, identificar la situación actual y las variables que influyen en la incidencia de errores por parte de los ingenieros del departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019:

- Se identifica la situación actual y las variables que influyen en la incidencia de errores por parte de los ingenieros del departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019, a partir del análisis se observó que existen variaciones en la calidad durante el primer y el segundo semestre del 2019, por lo que se ataca este segundo semestre para las mejoras del departamento, además se observa la calidad de cada una de las regiones y de los ingenieros para reconocer cuáles son los errores más representativos dentro del departamento y de cada ingeniero, además se realizó un análisis para determinar si los doctores tenían errores comunes o repetitivos dentro de sus casos, pero resultó no ser así, por lo que con los datos recolectados, se establece una de las mejoras más significativas que fue atacar los errores de cada ingeniero de forma individual además de hacerlos ver en forma general como esto estaba afectando al departamento.

Conclusión del objetivo 2: el cual consistía en analizar cuáles son los factores que hacen que la calidad de algunos ingenieros se mantenga en un nivel más alto a

través del tiempo para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019:

- Se analizaron los factores que hacen que la calidad de algunos ingenieros se mantenga en un nivel más alto a través del tiempo para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019, gracias esto se toman las iniciativas de los ingenieros con mejor calidad para ponerlas en práctica para todo el equipo, esto incluye la creación de una hoja de revisión que facilite la información de los errores calificados en cada caso en tiempo real, agilizando así el proceso de búsqueda de información por parte de cada uno de los ingenieros.

6.1.2. Propuesta de implementación

Conclusión del objetivo 3: el cual consistía en desarrollar las propuestas de mejora respectivas que se implementarán en el departamento a partir de la utilización de diferentes herramientas de ingeniería industrial, que demuestren ser sostenibles a través del tiempo para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019:

- Se desarrollaron las propuestas de mejora, las cuales se implementaron en el departamento demostrando no solamente ser sostenibles a través del tiempo, sino además de eso, mostraron resultados favorables para el equipo disminuyendo los costos en la incidencia de errores para lograr aprovechar mejor el tiempo en la realización de los casos.

Conclusión del objetivo 4: el cual consistía en determinar cuáles serán los beneficios económicos con la implementación de la propuesta para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019:

- Se determinaron los beneficios económicos con la implementación de la propuesta para el departamento de ingeniería de la empresa MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019, haciendo de este proyecto una mejora significativa en el proceso de calidad y en el reporte de los errores en el departamento.

Conclusión del objetivo 5: el cual consistía en, evaluar cuál será la mejor herramienta por utilizar para el seguimiento y control de las propuestas implementadas para el departamento de ingeniería de MicroPort en el tercer cuatrimestre del 2019:

- A partir de las diferentes herramientas de control implementadas se determina la posibilidad de continuar teniendo buenos resultados para el año 2020 en el ámbito de calidad impulsando a los integrantes del departamento a lograr mejores indicadores desde inicio de año enfocándose en la excelencia de los resultados y las recompensas que se obtienen en esto, no solamente monetarias, sino también de desarrollo personal.
- Lográndose analizar la calidad del equipo y los errores más comunes de los nuevos ingenieros y de los que ya tienen tiempo trabajando en el proceso, se determinan mejores procedimientos para la capacitación enfocándose en puntos críticos al comenzar el desarrollo del conocimiento del procedimiento general del departamento, alcanzando mayor agilidad en la obtención de experiencia para que su posterior inserción en las métricas totales de calidad

sea satisfactoria no sólo para el equipo completo, sino para ellos de forma individual.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar analizando los resultados obtenidos mes a mes para evitar la acumulación de la información sin procesar al final de cada período de estudio para el año 2020.
- Prestar mayor atención a los puntos críticos de la calidad ya sea por un error en específico o por algún ingeniero que este presentando alguna alteración en los resultados de la calidad semanal para actuar de forma inmediata en la resolución del problema.
- Automatizar el envío de reportes semanales tomando como base el conocimiento obtenido durante la realización del envío de informes de calidad de cada caso a partir de la hoja de revisión
- Continuar trabajando en el desarrollo personal de cada uno de los colaboradores como forma de motivación para el equipo, debido a que estos reconocen que el talento humano debe seguir mejorándose para que el equipo continúe creciendo.

BIBLIOGRAFÍA

Humberto Gutiérrez Pulido. *Calidad y Productividad*. 4ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2014. [2 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com/?il=751>

Sonia Val, Jesús Valtueña. *Calidad*. 1ª edición. España: McGraw-Hill Interamericana; 2007. [2 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

César Camisón, Sonia Cruz, Tomás González. *Gestión de la calidad*. 1ª edición. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A., 2006. [2 de octubre 2019] Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

ISO 9001 calidad. Sistemas de Gestión de Calidad según ISO 9000 [Internet]. Europa: Calidad ISO 9001[actualizado 2013; citado 2 de octubre 2019]. Recuperado de: <https://iso9001calidad.com/que-es-la-gestion-de-la-calidad-23.html>

José Humberto Cantú Delgado. *Desarrollo de una cultura de calidad*. 4ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2011. [2 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Humberto Gutiérrez Pulido. *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. 3ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2013. [3 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Juan Carlos Hernández Matías, Antonio Vizán Idoipe. *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI; 2013. [8 de octubre de 2019]. Recuperado de: https://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

Enrique Benjamín Franklin Finkowsky. *Auditoría administrativa Evaluación y diagnóstico empresarial*. 3ª edición. México: Pearson Educación; 2013. [8 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Mikell P. Groover. *Introducción a los procesos de manufactura*. 1ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2014. [8 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Gary Dessler. *Administración de recursos humanos*. 14ª edición. México: Pearson; 2015. [8 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Fernando A. D'Alessio Ipinza. Administración de las operaciones productivas. 1ª edición. Perú: Pearson; 2012. [9 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Web y empresas. México: Josefina Pacheco; 2019 [actualizado 15 de agosto 2019; citado 9 de octubre 2019]. Recuperado de: <https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/>

Roberto Hernández Sampieri, Christian Paulina Mendoza Torres. *Metodología de la investigación*. 1ª edición. México: McGraw-Hill; 2018. [28 de octubre 2019]. Recuperado de: <http://ebooks7-24.com.uh.remotexs.xyz/stage.aspx?il=7;&pg=&ed=>

Marilyn Quesada Quesada. (2015). *Mejoramiento de la calidad y reducción de costos para el proceso de producción, mediante la técnica del Lean Manufacturing en la empresa Arpotex, S.A.* Tesina de bachillerato. Universidad Hispanoamericana.

Estilita Pacheco Segura. (2017). *Reducción de la cantidad de errores en el proceso de pagos de gastos e importaciones de Centroamérica para la empresa de servicios compartidos Costa Rica, 2017.* Tesis de bachillerato. Universidad Hispanoamericana.

Jimmy Valverde Valverde. (2019). *Mejoramiento de la calidad y disminución del desperdicio de empaque en la empresa Café Britt S.A., ubicada en mercedes norte de Heredia II período 2016.* Tesina de bachillerato. Universidad Hispanoamericana.

<http://13.65.82.242.uh.remotexs.xyz/xmlui/bitstream/handle/cenit/5436/IND%20-%200656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





ANEXOS

2019 Bonus Plan for Mayerlin Gutierrez										
Total 100%	%	KPI Description	Comments	Rating: 0- 0% achieved 0.5- underachieved 1- achieved 1.5- overachieved	Weighted calc	Delegates	Milestones			
							Q1	Q2	Q3	Q4
Company Performance	12.5%	MPO sales		1.0	12.5%	Exec team				
	12.5%	MPO Net Income		1.0	12.5%	Exec team				
	12.5%	MPO Cash Flow		1.0	12.5%	Exec team				
	12.5%	MPO Gross Margin %		1.0	12.5%	Exec team				
Individual KPIs	10%	Efficiency between Q2 and Q3 of the team		1.0	10.0%					
	10%	Compliance training 100% on time		1.0	10.0%					
	10%	Prophecy cost reduction by 5%		1.0	10.0%					
	10%	Prophecy quality between 83 and 94%		1.0	10.0%					
	10%	One quality improvement proposal and it is achievable		1.0	10.0%					
TOTAL WEIGHTED	100%				100.0%					
Must be 100%										

NOTE: This template allows you to track the potential bonus payout using 50% company performance and 50% individual KPI achievement

Figura 91. Metas de los ingenieros

Fuente: Gerencia de MicroPort Orthopedics



 Reply
  Reply All
  Forward
  IM



Wed 11/13/2019 3:30 PM


Acuna, Andres F

RE: Casos y duals recientes

To  Romero, Irving M.;  Gutiérrez, Mayerlin Y.

Retention Policy 7 Year Delete - All other folders in the mailbox (7 years)

Expires 11/11/2026

 You replied to this message on 11/13/2019 3:32 PM.

Gracias Maye!!

ANDRÉS FELIPE ACUÑA

Director, Costa Rica Operations and Procurement

O: +506.2209.9209 (CR) / +1.901.290.5699 (US)

C: +506.8830.2624 (CR)

microportortho.com

From: Romero, Irving M.

Sent: Wednesday, November 13, 2019 2:45 PM

To: Gutierrez, Mayerlin Y. <Mayerlin.Gutierrez@ortho.microport.com>

Cc: Acuna, Andres F <AFAcuna@ortho.microport.com>

Subject: Casos y duals recientes

Mayerlin,

Muchas gracias por el esfuerzo puesto recientemente no solo con el Proyecto de mejora de calidad para Prophecy, sino que también ha tenido muy buen desempeño con el uso del tiempo en el trabajo.

Las últimas semanas que hemos tenido que estar recordando hacer duals, usted siempre ha hecho bastante, ese apoyo se agradece. La última semana hizo 25 duals que es una excelente cantidad y ayuda para las construcciones

Gracias,
Irving



Irving Romero Mora
Engineering Supervisor/ Propheciv®

Figura 92. Correo de felicitación por parte del supervisor y del gerente de operaciones

Fuente: Supervisor de ingeniería

APÉNDICES

Apéndice 1. Registros de calidad mensual de cada ingeniero

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de enero					Promedio
		1	2	3	4	5	
Ingeniero 1	Alejandra	86.7%	95.6%	89.5%	100.0%	100.0%	94.3%
Ingeniero 2	Dylan	84.7%	84.7%	90.5%	100.0%	100.0%	92.0%
Ingeniero 3	Mayerlin	100.0%	22.3%	60.7%	39.2%	83.4%	61.1%
Ingeniero 4	Marvin	77.9%	100.0%	60.7%	69.5%	82.9%	78.2%
Ingeniero 5	Olman	86.7%	92.9%	92.0%	76.4%	91.3%	87.9%
Ingeniero 6	Sebastian	100.0%	90.5%	81.9%	84.7%	90.5%	89.5%
Ingeniero extra	Karen	100.0%	100.0%	82.9%	98.1%	100.0%	96.2%

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de febrero				Promedio
		6	7	8	9	
Ingeniero 1	Alejandra	88.3%	93.9%	100.0%	89.5%	92.9%
Ingeniero 2	Dylan	81.9%	88.3%	86.7%	93.1%	87.5%
Ingeniero 3	Mayerlin	73.5%	93.9%	81.2%	86.1%	83.7%
Ingeniero 4	Marvin	68.7%	100.0%	100.0%	80.1%	87.2%
Ingeniero 5	Olman	86.1%	100.0%	88.3%	89.5%	91.0%
Ingeniero 6	Sebastian	94.6%	100.0%	77.9%	100.0%	93.1%
Ingeniero extra	Karen	100.0%	100.0%	-	95.9%	98.6%

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de marzo				Promedio
		10	11	12	13	
Ingeniero 1	Alejandra	95.1%	93.1%	100.0%	-	96.1%
Ingeniero 2	Dylan	80.1%	96.2%	92.0%	-	89.4%
Ingeniero 3	Mayerlin	66.6%	76.7%	77.9%	-	73.7%
Ingeniero 4	Marvin	71.7%	96.7%	84.7%	-	84.3%
Ingeniero 5	Olman	73.5%	100.0%	77.9%	-	83.8%
Ingeniero 6	Sebastian	79.4%	100.0%	100.0%	-	93.1%
Ingeniero extra	Karen	100.0%	-	72.8%	-	86.4%

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de abril				Promedio
		14	15	16	17	
Ingeniero 1	Alejandra	100.0%	81.2%	81.9%	100.0%	90.8%
Ingeniero 2	Dylan	100.0%	100.0%	-	75.2%	91.7%
Ingeniero 3	Mayerlin	89.0%	85.7%	60.7%	92.6%	82.0%
Ingeniero 4	Marvin	94.6%	91.1%	73.2%	100.0%	89.7%
Ingeniero 5	Olman	75.2%	80.1%	100.0%	93.1%	87.1%
Ingeniero 6	Sebastian	86.7%	100.0%	84.7%	56.5%	82.0%
Ingeniero extra	Karen	90.5%	100.0%	100.0%	83.4%	93.5%

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de mayo					Promedio
		18	19	20	21	22	
Ingeniero 1	Alejandra	95.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%
Ingeniero 2	Dylan	100.0%	100.0%	60.7%	93.1%	68.7%	84.5%
Ingeniero 3	Mayerlin	100.0%	92.0%	-	91.3%	90.5%	93.4%
Ingeniero 4	Marvin	75.8%	92.9%	86.7%	100.0%	100.0%	91.1%
Ingeniero 5	Olman	67.0%	63.8%	77.9%	70.0%	86.1%	72.9%
Ingeniero 6	Sebastian	91.3%	92.6%	80.1%	95.1%	100.0%	91.8%
Ingeniero extra	Karen	100.0%	100.0%	100.0%	91.3%	100.0%	98.3%

Ingenieros	Nombre	Calidad semanal de junio				Promedio
		23	24	25	26	
Ingeniero 1	Alejandra	94.6%	94.6%	100.0%	84.7%	93.5%
Ingeniero 2	Dylan	100.0%	93.9%	100.0%	100.0%	98.5%
Ingeniero 3	Mayerlin	95.6%	94.6%	100.0%	80.7%	92.7%
Ingeniero 4	Marvin	86.7%	100.0%	95.1%	88.3%	92.5%
Ingeniero 5	Olman	70.5%	74.1%	100.0%	71.7%	79.1%
Ingeniero 6	Sebastian	55.8%	77.9%	67.8%	93.9%	73.9%
Ingeniero extra	Karen	86.7%	100.0%	93.1%	89.5%	92.3%

Ingenieros	Calidad semanal de agosto				Semestral
	32	33	34	35	
Ingeniero 1	60.7%	100.0%	100.0%	84.6%	88.7%
Ingeniero 2	90.5%	84.6%	90.5%	100.0%	84.7%
Ingeniero 3	75.8%	86.7%	100.0%	90.5%	82.2%
Ingeniero 4	86.1%	NULL	100.0%	68.7%	90.5%
Ingeniero 5	83.4%	74.1%	81.9%	68.7%	78.8%
Ingeniero 6	60.7%	93.1%	80.1%	60.7%	73.8%
Ingeniero 7	73.5%	67.8%	71.7%	71.7%	63.0%
Ingeniero 8	100.0%	89.5%	93.1%	100.0%	72.9%
Ingeniero 9	-	-	-	-	
Ingeniero 10	-	-	-	-	

Ingenieros	Calidad semanal de setiembre				
	36	37	38	39	Semestral
Ingeniero 1	81.9%	100.0%	71.7%	71.6%	84.9%
Ingeniero 2	100.0%	92.0%	75.7%	82.5%	85.3%
Ingeniero 3	100.0%	100.0%	88.3%	90.5%	86.3%
Ingeniero 4	86.7%	71.7%	92.0%	91.3%	88.6%
Ingeniero 5	70.2%	82.9%	77.9%	77.9%	77.9%
Ingeniero 6	60.7%	100.0%	NULL	64.6%	71.8%
Ingeniero 7	44.4%	45.5%	74.7%	79.4%	62.0%
Ingeniero 8	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	82.1%
Ingeniero 9	-	-	-	-	
Ingeniero 10	-	-	-	-	

Ingenieros	Calidad semanal de octubre					
	40	41	42	43	44	Semestral
Ingeniero 1	90.5%	77.9%	86.7%	100.0%	90.5%	86.1%
Ingeniero 2	69.5%	88.3%	90.5%	100.0%	93.9%	84.2%
Ingeniero 3	89.5%	100.0%	86.1%	100.0%	100.0%	89.3%
Ingeniero 4	85.7%	88.3%	80.1%	100.0%	-	88.3%
Ingeniero 5	91.1%	80.1%	82.9%	77.7%	100.0%	78.9%
Ingeniero 6	54.5%	58.2%	62.6%	55.8%	57.4%	65.9%
Ingeniero 7	75.2%	-	-	77.9%	100.0%	66.7%
Ingeniero 8	90.5%	71.7%	100.0%	100.0%	100.0%	85.9%
Ingeniero 9	-	-	-	-	-	
Ingeniero 10	-	-	-	-	-	

Ingenieros	Calidad semanal de noviembre				
	45	46	47	48	Semestral
Ingeniero 1	100.0%	100.0%	-	100.0%	86.4%
Ingeniero 2	71.7%	87.3%	92.0%	-	84.8%
Ingeniero 3	93.1%	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%
Ingeniero 4	100.0%	92.0%	81.2%	100.0%	88.1%
Ingeniero 5	77.9%	81.9%	71.1%	100.0%	79.5%
Ingeniero 6	65.5%	77.9%	100.0%	92.0%	68.7%
Ingeniero 7	71.7%	74.1%	77.9%	89.1%	69.1%
Ingeniero 8	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.9%
Ingeniero 9	-	-	-	-	
Ingeniero 10	-	-	-	-	

Ingenieros	Calidad semanal de diciembre				
	49	50	51	52	Semestral
Ingeniero 1	100.0%	60.7%	-	100.0%	86.7%
Ingeniero 2	-	81.9%	88.3%	100.0%	85.0%
Ingeniero 3	86.7%	75.8%	100.0%	100.0%	90.1%
Ingeniero 4	-	100.0%	88.3%	100.0%	88.9%
Ingeniero 5	93.9%	71.7%	77.9%	87.3%	79.9%
Ingeniero 6	60.7%	84.7%	89.5%	84.7%	70.4%
Ingeniero 7	81.9%	100.0%	100.0%	100.0%	69.1%
Ingeniero 8	100.0%	100.0%	94.6%	100.0%	87.9%
Ingeniero 9	-	-	-	-	
Ingeniero 10	-	-	-	-	

Evolucion semestral final						
Ingenieros	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingeniero 1	89.3%	88.7%	84.9%	85.7%	86.4%	86.7%
Ingeniero 2	78.8%	84.7%	85.3%	84.9%	84.8%	85.0%
Ingeniero 3	77.9%	82.2%	86.3%	89.1%	90.4%	90.1%
Ingeniero 4	92.9%	90.5%	88.6%	88.1%	88.1%	88.9%
Ingeniero 5	78.5%	78.8%	77.9%	78.9%	79.5%	79.9%
Ingeniero 6	76.9%	73.8%	71.8%	66.0%	68.7%	70.4%
Ingeniero 7	57.3%	63.0%	62.0%	66.2%	69.1%	69.1%
Ingeniero 8	61.6%	72.9%	82.1%	84.8%	87.9%	87.9%
Ingeniero 9	-	-	-	-	-	-
Ingeniero 10	-	-	-	-	-	-

Evolucion mensual final						
Ingenieros	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingeniero 1	90.6%	86.3%	81.3%	89.1%	100.0%	86.9%
Ingeniero 2	80.5%	91.4%	87.6%	88.4%	83.6%	90.0%
Ingeniero 3	79.9%	88.2%	94.7%	95.1%	98.3%	90.6%
Ingeniero 4	93.6%	84.9%	85.4%	88.5%	93.3%	96.1%
Ingeniero 5	77.5%	77.0%	77.2%	86.3%	82.7%	82.7%
Ingeniero 6	79.9%	73.6%	75.1%	57.7%	83.8%	79.9%
Ingeniero 7	58.0%	71.1%	61.0%	84.3%	78.2%	95.5%
Ingeniero 8	61.8%	95.6%	100.0%	92.4%	100.0%	98.7%
Ingeniero 9	-	-	-	-	-	-
Ingeniero 10	-	-	-	-	-	-

Apéndice 2. Errores durante el primer trimestre del semestre 2 del 2019

Número	Ingeniero 1
ERROR 12	10
ERROR 15	1
ERROR 23	2
ERROR 27	1
ERROR 58	1
ERROR 79	1
ERROR 80	1
ERROR 82	1
ERROR 92	1

Número	Ingeniero 2
ERROR 10	1
ERROR 12	8
ERROR 28	1
ERROR 49	1
ERROR 50	2
ERROR 64	1
ERROR 73	1
ERROR 78	1
ERROR 80	1
ERROR 81	6

Número	Ingeniero 3
ERROR 2	1
ERROR 12	8
ERROR 14	1
ERROR 19	2
ERROR 28	1
ERROR 49	1
ERROR 54	1
ERROR 61	1
ERROR 64	1
ERROR 73	1
ERROR 77	1
ERROR 78	1
ERROR 81	1

Número	Ingeniero 4
ERROR 8	2
ERROR 10	1
ERROR 12	18
ERROR 57	2
ERROR 81	1
ERROR 88	1

Número	Ingeniero 5
ERROR 3	1
ERROR 10	3
ERROR 12	24
ERROR 20	1
ERROR 40	1
ERROR 49	1
ERROR 53	1
ERROR 55	3
ERROR 63	1
ERROR 78	2
ERROR 80	2
ERROR 81	2
ERROR 92	3

Número	Ingeniero 6
ERROR 3	1
ERROR 6	1
ERROR 10	6
ERROR 11	2
ERROR 12	14
ERROR 19	1
ERROR 25	1
ERROR 32	1
ERROR 33	1
ERROR 46	2
ERROR 49	2
ERROR 50	1
ERROR 60	1
ERROR 72	1
ERROR 76	1
ERROR 77	1
ERROR 81	7
ERROR 92	1

Número	Ingeniero 7	Número	Ingeniero 7
ERROR 12	22	ERROR 8	1
ERROR 81	12	ERROR 24	1
ERROR 64	7	ERROR 29	1
ERROR 10	3	ERROR 49	1
ERROR 14	3	ERROR 51	1
ERROR 23	3	ERROR 55	1
ERROR 27	3	ERROR 58	1
ERROR 50	3	ERROR 72	1
ERROR 16	2	ERROR 74	1
ERROR 19	2	ERROR 77	1
ERROR 31	2	ERROR 80	1
ERROR 60	2	ERROR 86	1
ERROR 3	1	ERROR 89	1
ERROR 7	1		

Número	Ingeniero 8
ERROR 12	6
ERROR 81	6
ERROR 27	3
ERROR 61	2
ERROR 25	1
ERROR 28	1
ERROR 51	1
ERROR 53	1
ERROR 56	1
ERROR 64	1
ERROR 80	1

Tipo de error	Cantidad
Error 81	11
Error 12	8
Error 64	4
Error 46	3
Error 63	3
Error 27	2
Error 32	2
Error 82	2
Error 19	2
Error 79	2
Error 77	2
Error 10	2
Error 24	1
Error 80	1
Error 34	1
Error 16	1
Error 29	1
Error 26	1
Error 50	1
Error 23	1
Error 49	1
Error 76	1
Error 60	1
Error 30	1
Error 73	1
Error 6	1
Error 78	1
Error 11	1
Error 92	1

Tipo de error	Cantidad
Error 81	5
Error 50	3
Error 12	2
Error 64	2
Error 60	2
Error 58	1
Error 26	1
Error 68	1
Error 89	1
Error 10	1
Error 27	1
Error 46	1
Error 77	1
Error 92	1

Apéndice 4. Errores por región

JULIO					
TIPO	TRN	USA	EJG	AUS	Total
Error 3	1	0	0	0	1
Error 8	1	0	0	2	3
Error 10	2	0	0	1	3
Error 11	0	1	0	0	1
Error 12	15	7	8	6	36
Error 14	0	1	0	0	1
Error 19	0	1	0	0	1
Error 20	0	0	1	0	1
Error 23	1	0	0	1	2
Error 25	0	1	0	0	1
Error 27	5	0	0	1	6
Error 29	1	0	0	0	1
Error 32	0	1	0	0	1
Error 50	2	0	0	0	2
Error 51	2	0	0	0	2
Error 53	1	0	0	0	1
Error 54	0	1	0	0	1
Error 55	0	0	1	0	1
Error 60	1	0	0	0	1
Error 61	2	0	0	0	2
Error 64	6	1	0	1	8
Error 72	1	1	0	0	2
Error 74	1	0	0	0	1
Error 77	0	1	0	0	1
Error 78	0	1	1	0	2
Error 79	0	0	0	1	1
Error 80	2	0	0	0	2
Error 81	10	1	1	2	14
Error 86	1	0	0	0	1

AGOSTO					
ERROR	USA	TRN	AUS	EJG	Total
Error 2	1	0	0	0	1
Error 10	4	0	0	3	7
Error 11	1	0	0	0	1
Error 12	7	7	3	6	23
Error 13	0	0	0	0	0
Error 14	0	1	0	0	1
Error 19	2	0	0	0	2
Error 27	0	2	0	0	2
Error 31	0	1	0	0	1
Error 49	1	0	0	0	1
Error 50	1	1	0	0	2
Error 55	0	1	0	1	2
Error 56	0	0	0	0	0
Error 57	0	0	1	0	1
Error 60	1	0	0	0	1
Error 61	0	0	0	1	1
Error 63	0	0	0	1	1
Error 73	1	0	0	0	1
Error 78	0	0	0	0	0
Error 80	0	0	1	0	1
Error 81	3	3	1	0	7
Error 88	0	0	1	0	1

SETIEMBRE					
TIPO	TRN	USA	EJG	AUS	Total
Error 3	0	0	0	1	1
Error 7	0	1	0	0	1
Error 10	0	2	1	0	3
Error 12	9	9	11	7	36
Error 14	1	0	0	0	1
Error 16	2	1	0	0	3
Error 19	1	0	0	0	1
Error 23	2	0	1	0	3
Error 24	0	1	0	0	1
Error 26	0	1	0	0	1
Error 28	1	0	0	0	1
Error 31	1	1	0	0	2
Error 33	1	0	0	0	1
Error 46	0	1	0	0	1
Error 49	0	3	0	2	5
Error 50	0	1	1	0	2
Error 53	0	0	1	0	1
Error 55	0	0	1	0	1
Error 57	0	0	0	1	1
Error 58	0	2	1	0	3
Error 60	0	2	0	0	2
Error 63	0	1	0	0	1
Error 64	2	4	0	0	6
Error 68	0	2	0	0	2
Error 69	0	1	0	0	1
Error 74	0	1	0	0	1
Error 76	0	1	0	0	1
Error 77	1	0	0	0	1
Error 78	0	0	1	0	1
Error 80	0	0	2	0	2
Error 81	4	5	2	1	12
Error 82	0	0	0	1	1
Error 86	0	1	0	0	1
Error 89	1	1	0	0	2
Error 92	0	0	1	2	3
Error 93	0	1	0	0	1
Error 97	1	0	0	0	1

Apéndice 5. Cálculo de costos de los errores

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Julio	Tiempo total	Total	Agosto	Tiempo total	Total	Setiembre	Tiempo total	Total
Error 1	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 2	0	0	₡ -	1	0	₡ -	1	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 3	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	1	0	₡ -
Error 4	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 5	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 6	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 7	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	1	0.25	₡ 833.33
Error 8	1	0.25	₡3,333.33	3	0.75	₡ 2,500.00	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 9	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 10	1	0.25	₡3,333.33	3	0.75	₡ 2,500.00	7	1.75	₡ 5,833.33	3	0.75	₡ 2,500.00
Error 11	1	0.25	₡3,333.33	1	0.25	₡ 833.33	1	0.25	₡ 833.33	0	0	₡ -
Error 12	1	0.25	₡3,333.33	36	9	₡ 30,000.00	23	5.75	₡19,166.67	36	9	₡ 30,000.00
Error 13	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 14	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	1	0.5	₡ 1,666.67	1	0.5	₡ 1,666.67
Error 15	1	0.75	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 16	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	3	1.5	₡ 5,000.00
Error 17	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 18	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 19	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	2	1	₡ 3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67
Error 20	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 21	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 22	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 23	1	0.5	₡3,333.33	2	1	₡ 3,333.33	0	0	₡ -	3	1.5	₡ 5,000.00
Error 24	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	1	0.5	₡ 1,666.67
Error 25	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 26	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	1	0.5	₡ 1,666.67
Error 27	1	0.5	₡3,333.33	6	3	₡ 10,000.00	2	1	₡ 3,333.33	0	0	₡ -
Error 28	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	1	0.5	₡ 1,666.67
Error 29	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 30	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Julio	Tiempo total	Total	Agosto	Tiempo total	Total	Setiembre	Tiempo total	Total
Error 31	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67	2	1	₺ 3,333.33
Error 32	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 33	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 34	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 35	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 36	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 37	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 38	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 39	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 40	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 41	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 42	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 43	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 44	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 45	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 46	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 47	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 48	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 49	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -	5	0	₺ -
Error 50	0	0	₺ -	2	0	₺ -	2	0	₺ -	2	0	₺ -
Error 51	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 52	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 53	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 54	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 55	1	0.5	₺3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	2	1	₺ 3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 56	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 57	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 58	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	3	1.5	₺ 5,000.00
Error 59	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 60	1	0.5	₺3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	1	0.5	₺ 1,666.67	2	1	₺ 3,333.33

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Julio	Tiempo total	Total	Agosto	Tiempo total	Total	Setiembre	Tiempo total	Total
Error 61	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -
Error 62	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 63	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 64	1	0.5	₺3,333.33	8	4	₺ 13,333.33	0	0	₺ -	6	3	₺ 10,000.00
Error 65	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 66	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 67	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 68	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	2	0	₺ -
Error 69	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 70	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 71	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 72	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 73	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -
Error 74	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 75	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 76	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 77	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 78	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 79	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 80	0	0	₺ -	2	0	₺ -	1	0	₺ -	2	0	₺ -
Error 81	1	0.5	₺3,333.33	14	7	₺ 23,333.33	7	3.5	₺11,666.67	12	6	₺ 20,000.00
Error 82	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 83	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 84	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 85	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 86	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 87	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 88	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 89	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	2	0	₺ -
Error 90	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 91	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 92	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	3	0	₺ -
Error 93	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 94	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 95	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 96	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 97	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
					33.25	₺110,833.33		17.75	₺59,166.67		31	₺103,333.33

Apéndice 6. Registros de toma de tiempos

Casos Japoneses							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
CASE28467	0.60	0.33	0.42	0.50	0.08	0.42	2.35
CASE28686	0.70	0.47	0.33	0.37	0.10	0.35	2.32
CASE28773	0.92	0.60	0.58	0.33	0.05	0.08	2.57
CASE28791	0.87	0.53	0.55	0.42	0.08	0.10	2.55
CASE28750	0.80	0.80	0.37	0.45	0.07	0.17	2.65
CASE28715	0.68	0.80	0.35	0.35	0.07	0.10	2.35
CASE28815	0.93	0.50	0.37	0.40	0.10	0.23	2.53
CASE28603	0.87	0.50	0.52	0.30	0.05	0.17	2.40
CASE28889	1.08	0.53	0.68	0.43	0.05	0.08	2.87
CASE28901	0.75	0.58	0.75	0.63	0.08	0.18	2.98
promedio							2.56
Desviación std							0.22

Casos Australianos							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
CASE28088	0.63	0.33	0.35	0.23	0.07	0.05	1.67
CASE28154	0.57	0.27	0.40	0.22	0.07	0.08	1.60
CASE28229	0.77	0.28	0.40	0.43	0.07	0.08	2.03
CASE28321	0.82	0.38	0.30	0.37	0.08	0.05	2.00
CASE27508	0.70	0.40	0.25	0.42	0.08	0.08	1.93
CASE28224	0.88	0.35	0.35	0.25	0.08	0.05	1.97
CASE28327	0.83	0.52	0.68	0.30	0.05	0.07	2.45
CASE27951	0.77	0.55	0.35	0.22	0.05	0.05	1.98
CASE27507	0.63	0.28	0.47	0.17	0.05	0.07	1.67
CASE28322	0.80	0.30	0.27	0.28	0.10	0.03	1.78
CASE28332	0.62	0.60	0.25	0.27	0.05	0.18	1.97
CASE28337	0.67	0.38	0.37	0.37	0.03	0.07	1.88
CASE28478	0.58	0.28	0.60	0.17	0.08	0.08	1.80
CASE27952	0.57	0.28	0.33	0.22	0.05	0.07	1.52
CASE27997	0.90	0.37	0.23	0.35	0.03	0.10	1.98
CASE28598	1.37	0.43	1.00	0.20	0.03	0.03	3.07
CASE28228	0.83	0.52	0.43	0.17	0.18	0.12	2.25
CASE28470	0.45	0.22	0.70	0.17	0.10	0.10	1.73
CASE28475	0.65	0.20	0.35	0.43	0.07	0.03	1.73
CASE28227	0.82	0.53	0.27	0.12	0.07	0.03	1.83
CASE28596	0.65	0.37	0.30	0.12	0.07	0.03	1.53
CASE28260	0.67	0.33	0.45	0.22	0.05	0.03	1.75
CASE28583	0.57	0.38	0.38	0.23	0.10	0.07	1.73
CASE28590	0.75	0.30	0.30	0.25	0.03	0.03	1.67
CASE28472	0.68	0.32	0.35	0.17	0.03	0.03	1.58
promedio							1.88
Desviación std							0.33

Casos Australianos/Estados Unidos largos							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
28277	0.58	0.55	0.55	0.28	0.1		2.06
28448							2.36
28541							3
promedio							2.473333
Desviación std							0.480139

Casos normales							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
28784	45	57	10	6	3	4	2.1
28445	43	25	21	5	8	3	1.8
promedio							1.9
Desviación std							0.235702

Casos sencillos							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
27591	20	15	17	3	4	0	1.0
promedio							0.98
Desviación std							0.28

Casos Japanese							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
28658	31	45	21	15	2	15	2.2
28623	30	37	13	55	5	10	2.5
28429	57	38	34	13	4	49	3.3
28602	49	39	17	19	3	17	2.4
28790	45	39	21	4	3	45	2.6
28613	90	38	24	13	7	30	3.4
28639	44	81	31	4	5	29	3.2
28760							3.8
28956	45	45	31	5	5	21	2.5
promedio							2.9
Desviación std							0.5

Casos GB							
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	Total
28529	38.00	40	20	8	5	23	2.2
28521	104	55	25	19	6	14	3.7
28409	65	30	14	10	5	0	2.1
28625							3.0
28668	47	50	21	3	8	26	2.6
27985							2.3
28766	60	44	18	5	6	0	2.2
promedio							2.6
Desviación std							0.6

Casos GB								
CASE Number	Alignment and sizing	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendices	# App	Total
28725							0	2.65
28831							2	4.30
28538							4	4.00
28667							2	2.50
28645							2	4.15
28618							2	3.00
28747							2	3.70
promedio								3.47
Desviación std								0.74

Casos Australianos/Estados Unidos largos								
CASE Number	Alignmen	Femur guide	Tibia guide	Report	Prints	Appendic	# App	Total
28545							6	2.20
28622							5	4.00
28402							5	2.60
promedio								2.93
Desviación std								0.95

Apéndice 7 Programación para el envío de correos

Sub OutlookExcellentWork

Dim OIApp As Outlook.Application

Set OIApp = CreateObject("Outlook.Application")

Dim CaseNumber As String

Dim imgnm As String

Dim Errores As String

Dim xIWb As Workbook

Dim xIW As Worksheet

```
Dim ProInt As String
```

```
Dim ProcessingEmail As String
```

```
Dim EngineeringReviewComments As String
```

```
Set xlWb = ActiveWorkbook
```

```
Set xlWs = Sheets("Sheet1")
```

```
EngineeringReviewComments = xlWs.Range("AO38")
```

```
Errores = Range("AO38")
```

```
CaseNumber = Range("D8")
```

```
ProInt = xlWs.Range("W9")
```

```
If ProInt = "A. Barquero" Then
```

```
    ProcessingEmail = "Alejandra.Barquero@ortho.microport.com"
```

```
Elseif ProInt = "D. Segura" Then
```

```
    ProcessingEmail = "Dylan.Segura@ortho.microport.com"
```

```
Elseif ProInt = "F. Miralles" Then
```

```
ProcessingEmail = "Francisco.Miralles@ortho.microport.com"
Elsel ProInt = "I. Jimenez" Then
    ProcessingEmail = "Isaias.Jimenez@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "I. Romero" Then
    ProcessingEmail = "Irving.Romero@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "K. Chavez" Then
    ProcessingEmail = "Karen.Chaves@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "M. Gutierrez" Then
    ProcessingEmail = "Mayerlin.Gutierrez@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "M. Ramirez" Then
    ProcessingEmail = "Marvin.Ramirez@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "O. Padilla" Then
    ProcessingEmail = "Olman.Padilla@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "S. Aguilar" Then
    ProcessingEmail = "Sebastian.Aguilar@ortho.microport.com"

Elsel ProInt = "C. Corrales" Then
```

```
ProcessingEmail = "Cristofer.Corrales@ortho.microport.com"
```

```
ElseIf ProInt = "J. Ulate" Then
```

```
ProcessingEmail = "Jose.Ulate@ortho.microport.com"
```

```
ElseIf ProInt = "A. Robles" Then
```

```
ProcessingEmail = "Adolfo.Robles@ortho.microport.com"
```

```
ElseIf ProInt = "A. Lopez" Then
```

```
ProcessingEmail = "Adrian.Lopez@ortho.microport.com"
```

```
End If
```

```
Dim OIMail As Outlook.MailItem
```

```
Set OIMail = OIApp.CreateItem(olMailItem)
```

```
If ProInt = "SELECT ONE" Then
```

```
MsgBox ("Select someone in Engineering By!!!")
```

```
End If
```

```
If EngineeringReviewComments = "—" Then
```

```
OIMail.To = ProcessingEmail
```

```
OIMail.CC = "Irving.Romero@ortho.microport.com"
```

```
OIMail.Subject = "CASE" + CaseNumber + " Good Job processing"
```

```
OIMail.Body = "Hola!" & vbNewLine & _
```

```
    " " & vbNewLine & _
```

```
    "El motivo de este correo es para felicitarle por el buen trabajo  
realizado al procesar el caso " + CaseNumber + "." & vbNewLine & _
```

```
    "Esperamos que siga así, realizando un excelente trabajo en sus  
labores!" & vbNewLine & _
```

```
    " " & vbNewLine & _
```

```
    " " & vbNewLine & _
```

```
    "Atentamente," & vbNewLine & _
```

```
    "Área de calidad de ingeniería" & vbNewLine & _
```

```
    "Prophecy Costa Rica" '& vbNewLine & _
```

```
    "[img src=imgnm]"
```

```
'OIMail.Display
```

```
OIMail.Send
```

```
Else
```

```
'MsgBox (Errores)
```

```
OIMail.To = ProcessingEmail
```

```

OIMail.CC = "Irving.Romero@ortho.microport.com"

OIMail.Subject = "CASE" + CaseNumber + " Error "

OIMail.Body = "Hola!" & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    "El motivo de este correo es para notificarle que hubo un error en el
caso " + CaseNumber + "." & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    " " + Range("AO35") & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    " " + Range("AO37") + " " + Range("AS37") & vbNewLine & _
    " " + Errores + " " + Range("AS38") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO39") + " " + Range("AS39") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO40") + " " + Range("AS40") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO41") + " " + Range("AS41") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO42") + " " + Range("AS42") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO43") + " " + Range("AS43") & vbNewLine & _
    " " + Range("AO44") + " " + Range("AS44") & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    "Favor revisar el tipo de error e intentar corregirlo en los proximos
casos. Gracias!" & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    " " & vbNewLine & _
    "Atentamente," & vbNewLine & _

```

"Área de calidad de ingeniería" & vbNewLine & _

"Prophecy Costa Rica" '& vbNewLine & _

"[img src=imgnm]"

'OIMail.Display

OIMail.Send

End If

End Sub

'

Apéndice 8. Errores durante el segundo trimestre del semestre 2 del 2019

Octubre	
Error 12	38
Error 10	6
Error 81	6
Error 49	3
Error 50	3
Error 92	3
Error 11	2
Error 28	2
Error 40	2
Error 46	2
Error 56	2
Error 77	2
Error 82	2
Error 2	1
Error 3	1
Error 6	1
Error 14	1
Error 15	1
Error 19	1
Error 23	1
Error 24	1
Error 25	1
Error 27	1
Error 57	1
Error 58	1
Error 60	1
Error 78	1
Error 80	1

Noviembre	
Error 12	27
Error 81	4
Error 27	3
Error 77	3
Error 2	1
Error 3	1
Error 11	1
Error 46	1
Error 48	1
Error 54	1
Error 55	1
Error 58	1
Error 63	1
Error 64	1
Error 69	1
Error 74	1
Error 78	1
Error 80	1
Error 86	1
Error 92	1

Diciembre	
Error 12	18
Error 81	5
Error 10	3
Error 24	2
Error 34	1
Error 50	1
Error 55	1
Error 56	1
Error 80	1

Apéndice 9. Cálculo de costos de los errores al final del proyecto

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Octubre	Tiempo total	Total	Noviembre	Tiempo total	Total	Diciembre	Tiempo total	Total
Error 1	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 2	0	0	₡ -	1	0	₡ -	1	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 3	0	0	₡ -	1	0	₡ -	1	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 4	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 5	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 6	0	0	₡ -	1	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 7	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 8	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 9	1	0.25	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 10	1	0.25	₡3,333.33	6	1.5	₡ 5,000.00	0	0	₡ -	3	0.75	₡ 2,500.00
Error 11	1	0.25	₡3,333.33	2	0.5	₡ 1,666.67	1	0.25	₡ 833.33	0	0	₡ -
Error 12	1	0.25	₡3,333.33	38	9.5	₡ 31,666.67	27	6.75	₡22,500.00	18	4.5	₡ 15,000.00
Error 13	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 14	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 15	1	0.75	₡3,333.33	1	0.75	₡ 2,500.00	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 16	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 17	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 18	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 19	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 20	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 21	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 22	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 23	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 24	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	2	1	₡ 3,333.33
Error 25	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 26	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 27	1	0.5	₡3,333.33	1	0.5	₡ 1,666.67	3	1.5	₡ 5,000.00	0	0	₡ -
Error 28	1	0.5	₡3,333.33	2	1	₡ 3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 29	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 30	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 31	1	0.5	₡3,333.33	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -
Error 32	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -	0	0	₡ -

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Octubre	Tiempo total	Total	Noviembre	Tiempo total	Total	Diciembre	Tiempo total	Total
Error 33	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 34	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 35	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 36	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 37	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 38	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 39	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 40	0	0	₺ -	2	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 41	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 42	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 43	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 44	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 45	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 46	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -
Error 47	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 48	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 49	0	0	₺ -	3	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 50	0	0	₺ -	3	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -
Error 51	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 52	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 53	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 54	0	0	₺ -	0	0	₺ -	1	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 55	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 56	1	0.5	₺3,333.33	2	1	₺ 3,333.33	0	0	₺ -	1	0.5	₺ 1,666.67
Error 57	1	0.5	₺3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 58	1	0.5	₺3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -
Error 59	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 60	1	0.5	₺3,333.33	1	0.5	₺ 1,666.67	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 61	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -
Error 62	1	0.5	₺3,333.33	0	0	₺ -	0	0	₺ -	0	0	₺ -

Error	Devuelve	Tiempo	Costo	Octubre	Tiempo total	Total	Noviembre	Tiempo total	Total	Diciembre	Tiempo total	Total
Error 63	0	0	₱ -	0	0	₱ -	1	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 64	1	0.5	₱3,333.33	0	0	₱ -	1	0.5	₱ 1,666.67	0	0	₱ -
Error 65	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 66	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 67	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 68	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 69	0	0	₱ -	0	0	₱ -	1	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 70	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 71	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 72	1	0.5	₱3,333.33	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 73	1	0.5	₱3,333.33	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 74	0	0	₱ -	0	0	₱ -	1	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 75	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 76	1	0.5	₱3,333.33	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 77	0	0	₱ -	2	0	₱ -	3	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 78	1	0.5	₱3,333.33	1	0.5	₱ 1,666.67	1	0.5	₱ 1,666.67	0	0	₱ -
Error 79	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 80	0	0	₱ -	1	0	₱ -	1	0	₱ -	1	0	₱ -
Error 81	1	0.5	₱3,333.33	6	3	₱ 10,000.00	4	2	₱ 6,666.67	5	2.5	₱ 8,333.33
Error 82	0	0	₱ -	2	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 83	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 84	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 85	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 86	0	0	₱ -	0	0	₱ -	1	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 87	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 88	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 89	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 90	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 91	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 92	0	0	₱ -	3	0	₱ -	1	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 93	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 94	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 95	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 96	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
Error 97	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -	0	0	₱ -
					23.25	₱ 77,500.00		13	₱43,333.33		9.75	₱ 32,500.00

