

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE  
MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE  
OPERACIÓN EN UN DATA CENTER EN LA EMPRESA BCA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional  
de:

Ingeniera Industrial

**Autor:**

Geraldine Paola Huaranca Chee

Asesor:

Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez  
<https://orcid.org/0000-0002-1289-1221>

Lima - Perú

### Tabla de contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>2</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>3</b>
<b>Tabla de contenidos</b> .....	<b>4</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>6</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>7</b>
<b>índice de Ecuaciones</b> .....	<b>9</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
1.1. Antecedentes de la empresa.....	13
1.1.1. <i>Misión.</i> .....	14
1.1.2. <i>Visión.</i> .....	14
1.1.3. <i>Valores.</i> .....	14
1.1.4. <i>Organigrama</i> .....	15
1.1.5. <i>Clientes</i> .....	16
1.1.6. <i>Actividades especializadas.</i> .....	18
1.2. Realidad Problemática.....	18
1.2.1. <i>Formulación del problema.</i> .....	19
1.3. Justificación .....	20
1.4. Objetivos .....	21
1.4.1. <i>Objetivo general.</i> .....	21
1.4.2. <i>Objetivos específicos.</i> .....	21
<b>CAPÍTULO 2. Marco Teórico</b> .....	<b>22</b>
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. <i>Antecedentes nacionales.</i> .....	22
2.1.2. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	23
2.2. Base teórica.....	24
2.2.1. <i>Mantenimiento.</i> .....	24
2.2.2. <i>Árbol de fallas</i> .....	24
2.2.3. <i>Diagrama Causa y efecto</i> .....	25
2.2.4. <i>Indicadores de Mantenimiento</i> .....	26
2.2.5. <i>RCM</i> .....	28
2.2.6. <i>Índice de rotación de personal</i> .....	28
<b>CAPÍTULO 3. Descripción de la Experiencia</b> .....	<b>30</b>

3.1.	Fundamentos para solucionar el problema .....	31
3.1.1.	<i>Relacionado a cronograma de mantenimiento y control de actividades</i> .....	31
3.1.2.	<i>Relacionado a la capacidad humana</i> .....	32
3.1.3.	<i>Relacionado Seguridad y Salud en el Trabajo</i> .....	36
3.1.4.	<i>Relacionado al control de almacenes</i> .....	38
3.1.5.	<i>Relacionado al control de incidentes</i> .....	38
3.1.6.	<i>Relacionado a la gestión de disponibilidad</i> .....	40
3.1.7.	<i>Relacionado a la eficiencia del consumo eléctrico</i> .....	44
3.1.8.	<i>Relacionado a reuniones y acuerdos</i> .....	48
3.1.9.	<i>Esquema de informe mensual</i> .....	49
<b>CAPÍTULO 4. Resultados.....</b>		<b>51</b>
4.1.	Validación de la propuesta de solución .....	52
4.2.	Simulación de la propuesta de solución .....	54
4.2.1.	<i>Cronograma de mantenimiento preventivo</i> .....	54
4.2.2.	<i>Administración de actividades en la operación y mantenimiento</i> .....	55
4.2.3.	<i>Índice de rotación de personal</i> .....	58
4.2.4.	<i>Implementación de flujograma de reclutamiento de personal</i> .....	60
4.2.5.	<i>Capacitaciones</i> .....	61
4.2.6.	<i>Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo</i> .....	62
4.2.7.	<i>Gestión de disponibilidad</i> .....	74
4.2.8.	<i>Gestión de energía</i> .....	75
4.2.9.	<i>Gestión de Cambios</i> .....	77
4.2.10.	<i>Gestión de incidentes</i> .....	82
4.2.11.	<i>Gestión de inventarios</i> .....	86
4.2.12.	<i>Registro de reuniones y acuerdos</i> .....	91
4.2.13.	<i>Gestión de reportes y comunicaciones</i> .....	95
4.2.14.	<i>Contenido de informe mensual de prestación del servicio</i> .....	99
<b>CAPÍTULO 5. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>		<b>102</b>
5.1.	Conclusiones .....	102
5.2.	Recomendaciones .....	103
<b>CAPÍTULO 6. Referencias.....</b>		<b>104</b>
6.1.	Anexos .....	107

### Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Penalidades de la empresa .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Riesgos en la operación y mantenimiento del Data Center .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 3. Aplicación de Disponibilidad equipos críticos en el evento .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Primera fase para la implementación de RCM .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 5. Segunda fase para la implementación de RCM .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 6. Tercera fase para la implementación de RCM .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 7. Análisis de costos para aplicación de RCM .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 8. Cantidad de órdenes de trabajo (OT) por tipo de mantenimiento.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9. Cantidad de órdenes de trabajo (OT) por sistema .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10. Implementación de formato de rotación de personal .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 11. Criterios de evaluación de desempeño del personal .....</i>	<i>61</i>

## Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama general de la empresa BCA	15
Figura 2. Organigrama operacional Data Center – empresa BCA	16
Figura 3. Evolución del Mantenimiento a lo largo del tiempo	24
Figura 4. Símbolos usados en árbol de falla.	25
Figura 5. Diagrama Ishikawa, ejemplo en operación según confiabilidad de equipo mecánico	26
Figura 6. Administración y Operación. Categoría: Mantenimiento –( Up Time Institute, 2017)	31
Figura 7. Cronograma de mantenimiento	32
Figura 8. Rol de turnos de las guardias de trabajo.	33
Figura 9. Métricas de incentivo económico al personal	34
Figura 10. Proceso de reclutamiento e inducción de la empresa.	35
Figura 11. Cumplimiento de capacitaciones año 2015.	36
Figura 12. Formato para requerimiento de materiales	38
Figura 13. Infograma de incidentes 2015 de la empresa BCA	40
Figura 14. . Proceso de evaluación para logro de la disponibilidad.	40
Figura 15. Análisis causa - efecto –	43
Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 16. Criterios para cálculo de disponibilidad.	43
Figura 17. Evolución del PUE anual.	45
Figura 18. Flujo de climatización 1-2 – Elaboración propia	46
Figura 19. Flujo de climatización 2-2 – Elaboración propia	47
Figura 20. Indicador de operación temperatura en salas de Cómputo	48
Figura 21. Formato de registro de reuniones	49
Figura 22. Esquema de presentación e información del servicio prestado al cliente.	50
Figura 23. Implementación de formato de cronograma de mantenimiento anual	55
Figura 24. Cantidad de OT reflejadas en el año 2015.	57
Figura 25. Cantidad de OT reflejadas en el año 2015, por tipo de sistema de mantenimiento.	58
Figura 26. Porcentaje de cantidad de OT	58
Figura 27. Porcentaje de rotación de personal	60
Figura 28. Implementación del proceso de reclutamiento e inducción de la empresa.	61
Figura 29. Implementación de criterios de evaluación	62
Figura 30. Implementación de formato de Matriz IPER 1-2	65
Figura 31. Implementación de formato de Matriz IPER 2-2	66
Figura 32. Implementación de Registro de accidentes de trabajo	68
Figura 33. Formato de registro de asistencia a capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo	69
Figura 34. Registro de inspecciones internas sobre Seguridad y salud en el trabajo.	70
Figura 35. Implementación de formato de registro de enfermedades ocupacionales en seguridad y salud en el trabajo	71
Figura 36. Implementación de formato de registro de entrega de equipos de protección personal a los operarios del data center.	72
Figura 37. Implementación de formato de registro análisis de trabajo seguro (ATS)	73
Figura 38. Implementación de formato de matriz de riesgos	74
Figura 39. Criterios de evaluación PUE	75
Figura 40. implementación formato medición pue	77
Figura 41. Implementación flujograma de gestión de cambios.	79
Figura 42. Implementación de formato de solicitud de cambios 1-2.	80
Figura 43. Implementación de formato de solicitud de cambios 2-2.	81
Figura 44. Implementación de formato de Registro de cambios.	82
Figura 45. Flujograma de gestión de incidentes	84

<i>Figura 46. Implementación de bitácora para control de incidentes</i>	85
<i>Figura 47. Implementación de formato macro para elaboración diagrama Ishikawa</i>	85
<i>Figura 48. Implementación de diagrama Ishikawa</i>	86
<i>Figura 49. Implementación de formato para acciones a tomar</i>	86
<i>Figura 50. Implementación de flujograma de gestión de almacenes 1-3</i>	88
<i>Figura 51. Flujograma de gestión de almacenes 2-3</i>	89
<i>Figura 52. Flujograma de gestión de almacenes 3-3</i>	90
<i>Figura 53. Flujograma de requerimiento de materiales para mantenimiento</i>	90
<i>Figura 54. Implementación de Kardex de gestión de almacenes</i>	91
<i>Figura 55. Implementación de formato de requerimiento de materiales</i>	91
<i>Figura 56. Implementación de formato de agenda de reunión 1-2</i>	92
<i>Figura 57. Figura X. Formato de agenda de reunión 2-2</i>	93
<i>Figura 58. Implementación de formato de acta de reunión</i>	94
<i>Figura 59. Implementación de Plan de Comunicaciones Internas</i>	95
<i>Figura 60. Implementación de Plan de Comunicaciones Externa</i>	95
<i>Figura 61. Implementación de reporte SCADA</i>	97
<i>Figura 62. Implementación de reporte Técnico</i>	98
<i>Figura 63. Implementación nuevo esquema de reportes al cliente en informes mensuales 1-3</i>	99
<i>Figura 64. Implementación nuevo esquema de reportes al cliente en informes mensuales 2-3</i>	100
<i>Figura 65. Implementación nuevo esquema de reportes al cliente en informes mensuales 3-3</i>	101

### Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 1. Tiempo promedio entre fallas (MTBF).....</i>	<i>27</i>
<i>Ecuación 2. Tiempo promedio para la falla (MTTF) .....</i>	<i>27</i>
<i>Ecuación 3. Tiempo promedio para la reparación (MTTR).....</i>	<i>27</i>
<i>Ecuación 4. Disponibilidad Operativa (A) .....</i>	<i>27</i>
<i>Ecuación 5. Indicador de rotación del personal.....</i>	<i>29</i>
<i>Ecuación 6. Gestión del Mantenimiento basado en la confiabilidad.....</i>	<i>41</i>

## Resumen Ejecutivo

Este trabajo propone una propuesta de mejora en los indicadores de mantenimiento que se realiza en un Centro de Datos por parte de la empresa “BCA”, realiza en el Perú. Los procesos se analizaron en un Data Center con lineamientos según normativas de Tier III de Uptime Institute, quienes globalmente certifican las operaciones de los centros de datos para la confiabilidad y desempeño según los niveles de operación. Por ello el autor realizó la verificación de procesos que se consideran en la gestión de mantenimiento; permitiendo al autor conocer que las actividades que son críticos para la continuidad de la operación ininterrumpida

En el primer capítulo se desarrollará parte introductoria y antecedentes de la empresa en evaluación, en el capítulo 2 se desarrolla el marco teórico con los temas referentes a la operación y mantenimiento. En el capítulo 3 se mostrará la experiencia personal obtenida en la empresa, donde se describen y analizan las problemáticas de los procesos. Finalmente, en el capítulo 4 de los resultados se valida la propuesta de optimización con indicadores de gestión de mantenimiento.

Por lo mencionado el autor pudo concluir en la evaluación de la aplicación de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) donde permite conocer los beneficios, aplicación, costos y la optimización de los procesos, garantizando la operación del Centro de Datos.



## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## CAPÍTULO 6. Referencias

- Barreiro, A. (2013) *Análisis para el diseño de infraestructura de un centro de datos / Data Center* (Tesis el título académico de Ingeniero en Comunicaciones y electrónica). Instituto Politécnico Nacional. México. Recuperado de:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15080/I.C.E.%2037-13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, A.& Espín, B. (2018) *El RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) de los equipos del área húmeda y de acabados del cuero de la empresa Tenería Díaz Cía. Ltda* (Tesis para optar el grado de Ingeniero) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.  
Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28584>
- Campbell, J. & Reyes-Picknel, J. (2015) *Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Third Edition. *Uptime*. doi: 10.1201/b18778
- Castillo A., (2016). *Administración de personal: un enfoque hacia la calidad*. ECOE Ediciones (Original publicado en 1993)
- Castillo Devoto & Liliana Raquel (2011) *Diseño de la infraestructura de telecomunicaciones de un Data Center* (Tesis para optar el grado de Ingeniería de Telecomunicaciones) Universidad Católica del Perú. Perú. Recuperado de:  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/196>
- Cliatec 360 Data Center (2016, 11 de enero), *¿Cuánto cuesta la caída de tu centro de datos?*, Consultado el 30 de septiembre de 2017. <http://www.cliatec.com/blog/%C2%BFcuanto-cuesta-la-caida-de-tu-centro-de-datos>
- Emerson Network Power (s. f.) *El estudio de energía de red*. Consultado el 16 de octubre del 2022. <https://www.emerson.com/es-es/news/corporate/network-power-study>

- Espinoza, E & Lobaton, L. (2014) *Implementación de virtualización en el centro de Cómputo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones* (Tesis para optar el título de Ingeniero de computación y sistemas) Universidad de San Martín de Porres, Perú. Recuperado de:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/1027>
- Grupo Cofitel (2014, 14 de febrero) *Data Center: El Estándar TIA 942*. Consultado el 30 de septiembre de 2017. <http://www.c3comunicaciones.es/data-center-el-estandar-tia-942>
- Maldonado, J. (2010) *Diseño de un Centro de Datos Basado en estándares, caso: Diseño del Centro de Datos del Colegio Latinoamericano*. (Proyecto de tesis para la obtención del título de Ingeniero de Sistemas) Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/648>
- Moubray, J., (2000), *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Ellmann, Sueiro y Asociados (ed. y trad.) Aladon Ltd. (Original publicado en 1991).
- Nogueira, J. (2013) *Procedimientos para la auditoría física y medio ambiental de un Data Center basado en la clasificación y estándar internacional TIER* (Tesis para la obtención del título de Ingeniero Informático) Universidad Católica del Perú, Perú. Recuperado de:  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4978>
- Pérez Rondón, F. (2021) *Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial*.  
Recuperado de:  
[https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4  
&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Reyes, J. (2017, 21 de septiembre) *Casos de éxito -RCM-R*. Consultado el 16 de octubre del 2022. <https://cmc-latam.com/session/casos-de-exito-rcm-r/>

Tecsup (2010). Planificación-y-Programación-del-Mantenimiento. Recuperado de:

<https://www.tecsup.edu.pe/programas-academicos/cursos-online/planificacion-y-programacion-del-mantenimiento>

Tecsup (2017). Gestión de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad. Recuperado de:

<https://www.tecsup.edu.pe/programas-academicos/cursos-online/gestion-del-mantenimiento-basado-en-la-confiabilidad>

Uptime Institute (2017), Acerca de Uptime Institute, Recuperado de:

<https://es.uptimeinstitute.com/about-ui>

Villalobos, A. & Parra, C. (2022) *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM II para una planta de asfalto Benninghoven ECO 2000 de la empresa Compañía de Trabajos Urbanos* (Trabajo de especialización en Gerencia de Mantenimiento). Universidad ECCI. Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2758>

Zavala, J. & Ormeño, C. (2017) *Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento para el sistema electromecánico del centro de datos en una entidad bancaria del Perú* (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621265>