

NOMBRE DEL TRABAJO

**2015100385-INFORME DE TRABAJO DE  
SUFICIENCIA.pdf**

AUTOR

**Marco Rojas**

RECuento DE PALABRAS

**14477 Words**

RECuento DE CARACTERES

**84653 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**91 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 27, 2024 3:53 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 27, 2024 3:54 PM GMT-5****● 17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( x )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: ROJAS MACEDO MARCO ANTONIO
D.N.I.: 46763936
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANA
Teléfono: 947325973
e-mail: 2015100385@untels.edu.pe, mrojasmacedo@gmail.com

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTIÓN
Programa Académico: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado: INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA LA DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO
Fecha de Sustentación: 16 DE DICIEMBRE DE 2023
Calificación: APROBADO CON DISTINCIÓN
Año de Publicación: 2024



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo \_\_\_\_\_ No autorizo  X

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	( )

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	(X)
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

PARA DOCUMENTOS RESTRINGIDOS

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

INFORMACION RESTRINGIDA DE LA EMPRESA

---

---

---

---

ROJAS MACEDO MARCO ANTONIO

---

APELLIDOS Y NOMBRES

46763936

---

DNI

Firma y huella:



Lima, 27 de FEBRERO del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO  
PARA LA DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE  
CEMENTO"**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

ROJAS MACEDO, MARCO ANTONIO

ORCID: 0009-0006-8991-8505

**ASESOR**

MUGRUZA VASSALLO CARLOS ANDRÉS

ORCID: 0000-0002-9262-7198

**Villa El Salvador**

**2023**





“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

En Villa El Salvador, siendo las .....<sup>11:20</sup>..... horas del día 16 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO	CIP N° 79878
Secretario	:	MG. FREDY CAMPOS AGUADO	CIP N° 173769
Vocal	:	MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA	CIP N° 199274

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el “Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur” ; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: “La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...”, en el cual;


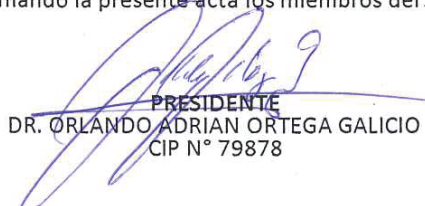

El Bachiller **MARCO ANTONIO ROJAS MACEDO**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA LA DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición Aprobado con distinción ..... Equivalencia Muy bueno ..... de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las .....<sup>11:50</sup>..... horas del día 16 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

		
SECRETARIO MG. FREDY CAMPOS AGUADO CIP N° 173769	PRESIDENTE DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO CIP N° 79878	VOCAL MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA CIP N° 199274

Nota: Art. 14º.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del Jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del Jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo realizado con mucho esfuerzo e ímpetu, está dedicado a mi esposa Luisa que gracias a su apoyo incondicional hemos logrado concretar este proyecto; así mismo, también va dirigido a mi mamá Julia por su constante esfuerzo y motivación en la superación de sus hijos.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecer en primer lugar a Dios por estar bien de salud y permitirme llegar hasta este momento, también por haberme dado la fuerza necesaria para seguir adelante en el día a día.*

*Especialmente a mi esposa Luisa y a mis hijos por la paciencia, sacrificio, el apoyo incondicional y motivación para lograr este objetivo.*

*Agradecer al Ing. Juan Velásquez por sus consejos, motivación y su apoyo que me han permitido desarrollar el trabajo académico siendo de gran importancia.*

*Agradecer al Ing. Javier Hernández por sus opiniones y directrices que me han permitido terminar este documento de investigación.*



# INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTADO DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTADO DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>1</b>
1.1 CONTEXTO.....	1
1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.2.1 Delimitación temporal .....	1
1.2.2 Delimitación Espacial.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 Objetivo general .....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	3
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	3
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1 Etapas del proceso de producción para el cemento.....	8
2.2.2 Materias primas para la fabricación del cemento .....	15
2.2.3 Aditivos para el cemento .....	15
2.2.4 Controladores automáticos .....	18
2.2.5 Controlador automático PID.....	19
2.2.6 Controlador lógico programable (PLC).....	20
2.2.7 Sistema De Supervisión, Control Y Adquisición de Datos (CEMAT) .....	22
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	23
2.3.1 Definición de automatización .....	23
2.3.2 Sistema de control.....	23
2.3.3 Sistema de control lazo abierto.....	24
2.3.4 Sistema de control lazo cerrado.....	24
2.3.5 Controlador automático ON/OFF .....	24
2.3.6 Pirámide de la automatización .....	25
2.3.7 Ethernet/IP .....	25

2.3.8	Profibus .....	25
2.3.9	Instrumentación .....	25
2.3.10	Sistema de medición .....	26
2.3.11	Señal .....	26
2.3.12	Señales digitales .....	26
2.3.13	Señales analógicas.....	26
2.3.14	Flujometro Magnéticos .....	26
2.3.15	Centro de control de motores (CCM) .....	26
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....</b>		<b>27</b>
3.1	DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	27
3.2	MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO .....	28
3.2.1	Instalación de bomba dosificadora en molinos y prensas de clinker .....	29
3.2.2	Instalación de flujometros en sistema de dosificación de aditivo molinos y prensa de Clinker.....	40
3.3	RESULTADO.....	46
3.3.1.	Resultado de la implementación del sistema automatizado .....	46
3.3.2.	Calibraciones.....	48
3.3.3.	Resultados de pruebas en laboratorio .....	50
3.3.4.	Pruebas de funcionamiento .....	55
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>58</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>62</b>
ANEXO 1: Solicitud de permiso para uso de información para trabajo de suficiencia profesional aprobada por A&J Instalaciones S.R.L.....		62
ANEXO 2: Solicitud de permiso para uso de información para trabajo de suficiencia profesional aprobada por UNACEM S.A.A – División de ingeniera Atocongo.....		63
ANEXO 3: Carta de invitación para el concurso de licitación del proyecto Instalación de bombas dosificadoras para balanzas de Clinker .....		64
ANEXO 4: Tablero principal de dosificación de aditivo 525BD1 .....		65
ANEXO 5: Tablero principal de dosificación de aditivo 526BD1 .....		65
ANEXO 6: Tablero principal de dosificación de aditivo 5211BD1 .....		65
ANEXO 7: Tablero principal de dosificación de aditivo 527BD1 .....		66
ANEXO 8: Tablero principal de dosificación de aditivo 521BD1 .....		66
ANEXO 9: Tablero principal de dosificación de aditivo 526BD2 .....		66
ANEXO 10: Lista general de señales de la implementación de un sistema de control para la dosificación de aditivo. ....		67

ANEXO 11: Manual de instrucciones de la bomba dosificadora. ....	68
ANEXO 12: Diagrama de conexiones de la bomba dosificadora. ....	69
ANEXO 13: Manual de instrucciones del flujometro. ....	70
ANEXO 14: Tabla de datos de las pruebas de laboratorio.....	71
ANEXO 15: Grafica comparativa de rendimiento energético usando aditivos.....	72
ANEXO 16: Hoja técnica del cemento sol. ....	73
ANEXO 17: Plano de eléctrico 521BD1 .....	74
ANEXO 18: Plano de eléctrico 526BD2.....	77

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la planta Atocongo UNACEM.....	2
Figura 2. Etapas de producción del cemento.....	8
Figura 3. Cancha de pre homogenización.....	9
Figura 4. Prensa de crudo.....	10
Figura 5. Silo de homogenización.....	11
Figura 6. Fabricación del clinker.....	12
Figura 7. Reacciones presentes en la Clinkerización.....	12
Figura 8. Molino de cemento.....	13
Figura 9. Transporte de cemento.....	14
Figura 10. Envasadora automática.....	14
Figura 11. Cuadro de las ventajas de SikaGrind285.....	16
Figura 12. Información del producto de SikaGrind285.....	16
Figura 13. Cuadro de las ventajas de Grace EXP 7270.....	18
Figura 14. Diagrama de un controlador automático.....	18
Figura 15. Diagrama de un control PID.....	19
Figura 16. Grafica de un controlador PID.....	19
Figura 17. Tabla comparativa de un controlador PID.....	20
Figura 18. Estructura del PLC.....	20
Figura 19. Componentes de un PLC Siemens.....	21
Figura 20. TPD 19.14.....	22
Figura 21. PLC esclavo.....	22
Figura 22. SCADA CEMAT.....	23
Figura 23. Diagrama de un control ON-OFF.....	24
Figura 24. Niveles de la automatización.....	25
Figura 25. Productos de UNACEM.....	27
Figura 26. Diagrama de tiempo del proyecto.....	28
Figura 27. Montaje de tubería - PK2 SILO 7.....	31
Figura 28. Instalación de ITM en subestación eléctrica.....	31
Figura 29. Conexiones eléctricas en tablero de control.....	31
Figura 30. Pruebas de funcionamiento.....	32
Figura 31. Diagrama de tiempo de las actividades 1° etapa.....	32
Figura 32. Tablero principal 5211BD1.....	33
Figura 33. Tablero principal 525BD2.....	34
Figura 34. Tablero principal 526BD2.....	35
Figura 35. Tablero principal 521BD1.....	36
Figura 36. Tablero principal 522BD4.....	37
Figura 37. Tablero principal 527BD1.....	38
Figura 38. Tablero principal 526BD1.....	39
Figura 39. Instalación de filtro.....	41

Figura 40. Diagrama de tiempo de las actividades 2° etapa .....	42
Figura 41. Flujometro de la bomba 5211BD1 .....	43
Figura 42. Flujometro de la bomba 525BD1 .....	43
Figura 43. Flujometro de la bomba 521BD1 .....	44
Figura 44. Flujometro de la bomba 522BD4 .....	44
Figura 45. Flujometro de la bomba 526BD2 .....	45
Figura 46. Flujometro de la bomba 527BD1 .....	45
Figura 47. Flujometro de la bomba 526BD1 .....	46
Figura 48. Diagrama de barras con las intervenciones .....	47
Figura 49. Curva de turnos rotativos. ....	47
Figura 50. Curva por día laborado. ....	47
Figura 51. Calibración de bomba de aditivo.....	49
Figura 52. Cuadro con datos de laboratorio.....	50
Figura 53. Datos de laboratorio MAPEI MAGA C199 .....	52
Figura 54. Datos de laboratorio Sika Grind ML 2022 – 002.....	52
Figura 55. Datos de laboratorio SM Química SM 80.0 .....	53
Figura 56. Datos de laboratorio Master Builders MCEM 2760 ES.....	53
Figura 57. Datos de laboratorio GCP EXP 7270.....	54
Figura 58. Comparativo de los aditivos del ensayo en el tiempo.....	54
Figura 59. Bomba en stop .....	55
Figura 60. Bomba de aditivo a 60 L/H.....	55
Figura 61. Bomba de aditivo a 120 L/H.....	56
Figura 62. Medición del flujometro 120 L/H .....	56



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Cementos producidos en la planta Atocongo	28
Tabla 2 Codificación de los equipos	29
Tabla 3. Lista de señales PLC de 5211BD1	33
Tabla 4. Lista de planos eléctricos de 5211BD1	33
Tabla 5. Lista de señales PLC de 525BD2	34
Tabla 6. Lista de planos eléctricos de 525BD2	35
Tabla 7. Lista de señales PLC 526BD2	35
Tabla 8. Lista de planos eléctricos de 526BD2	36
Tabla 9. Lista de señales PLC de 521BD1 – Molino Swing	37
Tabla 10. Lista de planos eléctricos de 522BD4 - 521BD1	37
Tabla 11. Lista de señales PLC de 522BD4 – Molino Cemento	38
Tabla 12. Lista de señales PLC de 527BD1	39
Tabla 13 Lista de planos eléctricos de 527BD1	39
Tabla 14. Lista de señales PLC de 526BD1	39
Tabla 15 Lista de planos eléctricos 526BD1	40
Tabla 16. Lista de planos eléctricos de flujómetros	42
Tabla 17. Cuadro de intervenciones del personal de producción	46
Tabla 18. Contraste del flujo	48
Tabla 19. Cálculo del error	49
Tabla 20. Cuadro con los tipos de aditivos	51