



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Evaluación de la eficacia de una amina formadora de película en la protección química del ciclo agua-vapor de una central térmica de ciclo combinado

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Daniel Humberto CARMEN OROZCO

ASESOR

Jorge Luis CÁRDENAS RUIZ

Lima, Perú

2026

Referencia bibliográfica

Carmen, D. (2026). *Evaluación de la eficacia de una amina formadora de película en la protección química del ciclo agua-vapor de una central térmica de ciclo combinado*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Daniel Humberto Carmen Orozco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71260900
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-2304-9851
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06627695
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9313-905X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Cecilio Julio Alberto Garrido Schaeffer
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08805437
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Fanny Blas Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10683607
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tratamiento químico de calderas, control de corrosión en centrales térmicas.

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Química e Ingeniería Química - Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.05586 Longitud: -77.08466
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 - Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.01 Ingeniería de procesos https://purl.org/perepo/ocde/ford#2.04.02 Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del “V Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2025-II”, bajo la Presidencia del **Dr. Cecilio Julio Alberto Garrido Schaeffer**; la **Mg. Fanny Blas Rodríguez (Miembro)** y el **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruíz (Asesor)**; habiendo presentado para tal efecto el **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, titulado “Evaluación de la eficacia de una amina formadora de película en la protección química del ciclo agua-vapor de una central térmica de ciclo combinado”, después de **SUSTENTADO Y APROBADO** el trabajo de suficiencia profesional elaborado por el bachiller en Ingeniería Química: **CARMEN OROZCO, DANIEL HUMBERTO**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO**, acordaron calificarlo con la **NOTA** de:

DIECISEIS

(LETRAS)

16

(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 10 de enero del 2026


Dr. CECILIO JULIO ALBERTO GARRIDO SCHAEFFER
Presidente


Mg. FANNY BLAS RODRÍGUEZ
Miembro


Ing. JORGE LUIS CÁRDENAS RUÍZ
Asesor


Dr. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO
Director de la E.P. de Ingeniería Química





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE

SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Jorge Luis Cárdenas Ruíz** en mi condición de asesor con el Dictamen N°000001-2026-EPIQ-FQIQ/UNMSM del Trabajo de Suficiencia Profesional, cuyo título es Evaluación de la eficacia de una amina formadora de película en la protección química del ciclo agua-vapor de una central térmica de ciclo combinado, presentado por el bachiller: CARMEN OROZCO, DANIEL HUMBERTO, para optar el título Profesional de Ingeniero Químico.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 5 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título Profesional de Ingeniero Químico.

Lima, 19 de julio del 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor Jorge Luis Cárdenas Ruiz

DNI: 06627695

Resumen

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP), de enfoque mixto, alcance descriptivo y diseño experimental, propone evaluar una amina de propiedades filmicas contenida en el producto FFAP1, el cual se emplea en el tratamiento químico del ciclo agua–vapor de una central térmica de ciclo combinado. La problemática radica en la ausencia de una evaluación cuantitativa y descriptiva relacionada con el impacto de la dosificación del FFAP1 sobre los parámetros químicos críticos de control y los indicadores de corrosión en el ciclo agua–vapor. En ese contexto, se recopiló data e información sobre el tratamiento químico antes y después a la implementación del FFAP1, con el propósito de analizar las tendencias históricas y su efectividad. Se desarrolló un diseño experimental para evaluar la respuesta de la concentración del residual del FFAP1 en el sistema considerando como factores la dosis de 20 y 80 ppm del FFAP1, tiempos de exposición de 24 y 48 horas, y la cercanía o lejanía de los calderos generadores de vapor. Los resultados obtenidos evidencian la línea base del cambio del tratamiento convencional al tratamiento filmico; se demuestra que el factor dosis, la interacción dosis $\times$ tiempo y la interacción de tres factores Dosis $\times$ Tiempo $\times$ Ubicación tienen un impacto significativo en el residual del FFAP1; se muestra el impacto de la conductividad catiónica (CACE) ante la variación de la dosis del FFAP1, la cual es identificada como el principal parámetro afectado, con incrementos que oscilan entre el 35 % y 77 % en los diferentes puntos del ciclo agua–vapor. Por último, se evidencia la estabilidad de la concentración de hierro durante los tiempos de prueba, así como un descenso y posterior estabilidad de la velocidad de corrosión histórica. Finalmente se concluye la eficacia de la amina formadora de película contenida en el producto FFAP1, como parte fundamental del tratamiento químico actual del ciclo agua – vapor. Este trabajo refleja el aporte de las competencias que el autor de la presente investigación determinó en el desarrollo de la elaboración del presente TSP.

Palabras clave: Amina, dosificación, tratamiento químico, corrosión, conductividad

Evaluation of the efficacy of a film-forming amine in the chemical protection of the water-steam cycle of a combined cycle thermal power plant

Abstract

This Professional Proficiency Report (PPR), using a mixed-method approach, descriptive scope, and experimental design, proposes to evaluate a film-forming amine contained within the FFAP1 product, which is employed in the water–steam cycle chemical treatment of a combined-cycle power plant. The underlying problem lies in the absence of a quantitative and descriptive evaluation regarding the impact of FFAP1 dosing on critical chemical control parameters and corrosion indicators within the water–steam cycle. In this context, technical information was collected on the chemical treatment before and after the implementation of FFAP1, with the purpose of analyzing historical trends and evaluating its effectiveness. An experimental design was developed to evaluate the response of the FFAP1 residual concentration in the system, considering the following factors: FFAP1 doses of 20 and 80 ppm, exposure times of 24 and 48 hours, and proximity to or distance from the heat recovery steam generators (HRSGs). The results obtained establish the baseline for the transition from conventional treatment to film-forming treatment; they demonstrate that the dose factor, the dose $\times$ time interaction, and the three-factor interaction Dose $\times$ Time $\times$ Location have a significant impact on the FFAP1 residual. Furthermore, they show the impact of cation conductivity (CACE) due to changes in the FFAP1 dose, which was identified as the main affected parameter, with increases ranging between 35% and 77% at different points of the water–steam cycle. Lastly, they evidence the stability of the iron concentration during the test periods, as well as a decrease and subsequent stabilization of the historical corrosion rate. In conclusion, the effectiveness of the film-forming amine contained within the FFAP1 product is proven as a fundamental part of the current water–steam cycle chemical treatment. This report reflects the contribution of the competencies developed by the author of this research during the preparation of this PPR.

Keywords: Amina, dosage, chemical treatment, corrosion, conductivity