

REPORTE DEL INFORME FINAL DE RESULTADOS

|                                                          |                                                                         |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Título del Proyecto                                      | Matrices, Optimization and Randomness with Applications in Data Science |
| Número de contrato y/o convenio                          | PE501084010-2023                                                        |
| Periodo de ejecución del Proyecto                        | Del 30/12/2023 al 29/12/2025                                            |
| Entidad Ejecutora                                        | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX - CIENCIAS MATEMATICAS                           |
| Monitor Técnico                                          | VASQUEZ MUÑOZ ,NOEMI LUCINDA                                            |
| Monitor Financiero                                       | VASQUEZ MUÑOZ ,NOEMI LUCINDA                                            |
| Fecha del Reporte                                        | 02/02/2026                                                              |
| Fecha de aprobación de                                   | 02/02/2026                                                              |
| Áreas del Conocimiento - OCDE                            | CIENCIAS NATURALES /MATEMÁTICA/MATEMÁTICAS APLICADAS                    |
| Área de investigación / Sub Área de investigación / Área | Programa de Ciencias Básicas / Matemática / Matemáticas aplicada        |
| Localización del                                         | LIMA/LIMA/LIMA (FRANCIA) (BOLIVIA) (CHILE)                              |

I EVALUACIÓN DEL INFORME FINAL DE RESULTADOS EMITIDO POR LA EE

1.1. Resumen Técnico del Proyecto:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Estamos interesados en resolver problemas de optimización de cono simétrico convexo con estructura separable y restricciones lineales. Este problema provee un abordaje unificado para varios problemas existentes como programación no lineal, de cono de segundo orden y optimización semidefinida. El problema en estudio tiene extensas aplicaciones en ingeniería, economía, teoría de juegos, ciencias de la gestión y otros campos. En particular, esta clase de problemas ha recibido mucha atención debido a sus aplicaciones en máquinas de vectores soportes y de clasificación. Desarrollaremos en este proyecto un abordaje teórico de algoritmos de punto proximal con respecto al estudio de la convergencia global, velocidad de convergencia, terminación finita y complejidad asintótica.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

1.2. Resultados y logros del Proyecto:

Cumplimiento de indicadores del logro: (resultado que evidencia el logro del objetivo general)

|                                                                                                                                                                            |            |           |           |   |            |   |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|---|------------|---|----------------------|
| Nuestro objetivo es proponer algoritmos proximales de descomposición y probar convergencia global, velocidad de convergencia, terminación finita y complejidad asintótica. |            |           |           |   |            |   |                      |
| Indicadores                                                                                                                                                                | Meta       |           |           |   |            |   |                      |
|                                                                                                                                                                            | Programado | Ejecutado | Informado |   | Verificado |   | Medio de verificació |
|                                                                                                                                                                            |            |           | Cantidad  | % | Cantidad   | % |                      |

Cumplimiento de indicadores de propósito: (resultado esperados según bases del concurso)

|                                                        |            |           |           |        |            |        |                      |
|--------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|--------|------------|--------|----------------------|
| Indicadores                                            | Meta       |           |           |        |            |        |                      |
|                                                        | Programado | Ejecutado | Informado |        | Verificado |        | Medio de verificació |
|                                                        |            |           | Cantidad  | %      | Cantidad   | %      |                      |
| N° de personas que realizan pasantías de investigación | 4.00       | 4.00      | 4.00      | 100.00 | 4.00       | 100.00 | Si                   |

Otros indicadores de propósito no programados

|          |             |                       |
|----------|-------------|-----------------------|
| Cantidad | Indicadores | Medio de verificación |
|----------|-------------|-----------------------|

Cumplimiento de indicadores de gestión: (resultados esperados en las bases, que no forman parte de la matriz de indicadores de propósito)

|                                                                                |            |           |           |        |            |        |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|--------|------------|--------|----------------------|
| Indicadores                                                                    | Meta       |           |           |        |            |        |                      |
|                                                                                | Programado | Ejecutado | Informado |        | Verificado |        | Medio de verificació |
|                                                                                |            |           | Cantidad  | %      | Cantidad   | %      |                      |
| Seminario para la Difusión de Conocimientos adquiridos luego de las pasantías. | 1          | 1.00      | 1.00      | 100.00 | 1.00       | 100.00 | Si                   |

| Indicadores                                                                                                                  | Meta       |           |           |        |            |        |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|--------|------------|--------|----------------------|
|                                                                                                                              | Programado | Ejecutado | Informado |        | Verificado |        | Medio de verificació |
|                                                                                                                              |            |           | Cantidad  | %      | Cantidad   | %      |                      |
| Propuesta de un nuevo proyecto de Investigación relacionado con Optimización, Matrices, Aleatoriedad en Ciencias de Datos.   | 1          | 1.00      | 1.00      | 100.00 | 1.00       | 100.00 | Si                   |
| Fortalecimiento de las colaboraciones investigativas en los temas de Optimización y aplicaciones que involucran el proyecto. | 1          | 1.00      | 1.00      | 100.00 | 1.00       | 100.00 | Si                   |
| Aceptación en Revista Científica indexada a Scopus o WoS de artículo científico relacionados al proyecto.                    | 1          | 1.00      | 1.00      | 100.00 | 1.00       | 100.00 | Si                   |

Análisis del Monitor del cumplimiento del logro y resultados del proyecto:

El proyecto ha logrado obtener los resultados gracias al intercambio realizado a través de las misiones con los equipos de Francia, Chile y Bolivia, participantes de la investigación conjunta, resultados programados en los indicadores de Propósito y Gestión del Plan Operativo:

#### RESULTADOS OBTENIDOS:

- La realización de tres misiones científicas en el primer año de investigación y dos en el segundo año de ejecución del proyecto, superando la meta programada y permitiendo la capacitación en conocimientos especializados en algoritmos proximales, optimización y aplicaciones en clasificación y aprendizaje automático, de los integrantes del equipo técnico, conformado por investigadores de diferentes instituciones peruanas y tesis de pre grado y posgrado.
- El fortalecimiento de una red de investigación al hacer contacto con integrantes de los equipos participantes de instituciones como el Centro de Matemáticas Aplicadas de la Ecole des Mines de París, Sophia Antipolis y la Universidades Diego Portales, formalizando con éste último una alianza estratégica.
- La propuesta de un proyecto de investigación titulado "Algoritmos y métodos de optimización para problemas de clasificación robusta" relacionada a la introducción de algoritmos y métodos de optimización que busca resolver problemas de clasificación en máquinas de vectores soporte y su aplicación en machine learning. El proyecto esta relacionado con las áreas académicas (área de Ciencias Básicas) y líneas de investigación (línea de Ciencias Matemáticas) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, entidad de respaldo del grupo de investigación y es multidisciplinario.
- La difusión de los resultados obtenidos, se realizó a nivel nacional e internacional en eventos propios del equipo y organizados por terceros. En ésta línea se menciona que superaron la meta, al lograr la publicación de un artículo científico en Scopus, en la revista Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, titulado "Generation of distribution routes with shorter distances and fewer vehicles using the simulated annealing algorithm", lo que se está incluyendo como otros resultados.

#### OTROS RESULTADOS:

- El proyecto logró la publicación de un artículo científico en Scopus, en la revista Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science - ISSN: 2502-4752, DOI: 10.11591/ijeecs.v40.i2.pp707-718 - titulado "Generation of distribution routes with shorter distances and fewer vehicles using the simulated annealing algorithm" en octubre del 2025.
- Sobre el Logro del Objetivo General del proyecto, por lo indicado líneas arriba se ha logrado la capacitación de investigadores de instituciones peruanas, en misiones realizadas a Francia y dos países de América del Sur, así como la difusión de los resultados obtenidos sobre convergencia global, velocidad de convergencia, terminación finita y complejidad asintótica de algoritmos proximales para la solución de problemas de optimización de Cono Simétrico separable convexo.
  - En relación a las Lecciones aprendidas, de lo indicado en el Informe Final, rescatamos la importancia de la comunicación en todo los niveles de coordinación para el logro de los resultados del proyecto y la flexibilidad considerando los entornos en el que se desarrollan. Asimismo, sobre la relación que debe mantener los resultados de las Bases con los indicadores del POP, que nos ayude a precisar el análisis de los resultados obtenidos. Y sobre la participación estable de los otros equipos participantes de la investigación conjunta.
  - En el aspecto financiero, el proyecto ha sustentado una ejecución del cien por ciento del monto total desembolsado, lo que nos ha permitido gestionar las rebajas financieras y obtener el Informe N°008-2026-PROCIENCIA-UA, que da conformidad del saldo cero del proyecto.
  - Por lo indicado líneas arriba, el responsable técnico del proyecto es elegible para participar de futuros concursos del CONCYTEC-PROCIENCIA.

### 1.3. POTENCIALES IMPACTOS DEL LOGRO Y RESULTADOS DEL PROYECTO

| Tipo           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bibliográficos | El proyecto generó impacto bibliográfico mediante la publicación de un artículo científico en una revista indexada en Scopus, así como a través de la difusión de resultados en seminarios y workshops internacionales, contribuyendo a la producción y visibilidad del conocimiento científico en optimización matemática y |

| Tipo         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | ciencia de dat                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Económico    | El impacto económico del proyecto es de carácter indirecto y potencial, vinculado a la formación de capital humano especializado y al desarrollo de métodos de optimización que pueden, a futuro, contribuir a aplicaciones eficientes en contextos productivos y tecnológicos                          |
| Tecnológicos | El proyecto tuvo un impacto tecnológico de carácter metodológico, asociado al desarrollo y análisis de algoritmos de optimización proximal aplicables a problemas de clasificación robusta y ciencia de datos, sentando bases para su implementación y extensión en futuros desarrollos computacionales |

II. GESTIÓN DEL PROYECTO

2.1 Tiempo de ejecución del proyecto

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Duración Proyecto         | 24 meses   |
| Duración real (incluyendo | 24 meses   |
| Fecha de Inicio           | 30/12/2023 |
| Fecha de Fin (incluyendo  | 29/12/2025 |

2.2 Costo del Proyecto

2.2.1 Aportes Monetario PROCENCIA

| Nombre de la Entidad | Monto total aprobado | Nº Exp. SIAF | Nº Transferencia | Fuente de financiamiento | Monto Total Desembolsado | Monto Ejecutado | % Ejecución presupuestal | Monto devuelto | % Monto devuelto |
|----------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----------------|------------------|
| PROCENCIA            | 20,000.00            | 0000000879   |                  | RO                       | 10,000.00                | 20,000.00       | 100.00                   | 0.00           | 0.00             |
| PROCENCIA            | 20,000.00            | 0000003105   |                  | RO                       | 10,000.00                | 20,000.00       | 100.00                   | 0.00           | 0.00             |

Devoluciones

| Nombre de la Entidad / Subvencionado | Monto devuelto (EURO) | Fecha de Devolución | Voucher Devolución |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|

2.2.2 Aportes monetarios y no monetarios de la Entidad Ejecutora (EE) y Asociadas (EA)

| Entidad             | Aporte según el POP o el contrato | Importe rendido y reconocido (S/.) | Saldo | % ejecución acumulada |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------|
| Aporte Monetario    |                                   |                                    |       |                       |
| EE                  | 0.00                              | 0.00                               | 0.00  | 0.00                  |
| Aporte No Monetario |                                   |                                    |       |                       |
| EE                  | 0.00                              | 0.00                               | 0.00  | 0.00                  |

Análisis del Monitor Financiero:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El proyecto ha logrado la ejecución financiera del total desembolsado, por lo que no existe saldos pendientes por rendir. Las rendiciones fueron validadas por cumplir con la pertinencia del gasto, por lo que se ha gestionado la conformidad de saldo cero del proyecto, que se evidencia con el Informe N°008-2026-PROCENCIA-UA.<br>Este tipo de concurso no establece aportes monetarios o no monetarios del ejecutor. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.3 Cumplimiento de estándares ambientales, sociales, de seguridad y de salud y la comunidad

| Nº                             | Estándar | Estado     | Verificación | Comentarios del Monitor |
|--------------------------------|----------|------------|--------------|-------------------------|
|                                |          |            |              |                         |
| Conclusiones y recomendaciones |          | No aplica. |              |                         |

Análisis del Monitor Técnico respecto al cumplimiento de los EAS:

|            |
|------------|
| No aplica. |
|------------|

2.4 RRHH: Equipo Técnico del Proyecto

| Cargo / Rol en el Proyecto                                                                                      | Nombre y Apellidos              | Entidad a la que pertenece                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TESISTA PREGRADO                                                                                                | CASTILLO VENTURA ,ESTÉFANY      | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| TESISTA DOCTORADO                                                                                               | DE LA CRUZ CUADROS ,LUCY HAYDEE | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| RESPONSABLE TÉCNICO                                                                                             | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX          | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| TESISTA DOCTORADO                                                                                               | CARDENAS MARIÑO ,FLOR CAGNIY    | PAPA QUIROZ ,ERIK ALEX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Análisis del Responsable Técnico respecto a la participación de los integrantes del equipo Técnico del proyecto |                                 | Los integrantes del equipo técnico participaron de manera activa y acorde a los roles asignados durante la ejecución del proyecto. Su participación fue clave en el desarrollo de actividades de investigación, en la realización de pasantías y misiones científicas internacionales, y en la difusión de los resultados obtenidos. En conjunto, el desempeño del equipo contribuyó al cumplimiento de los objetivos del proyecto, al fortalecimiento de la colaboración internacional y a la obtención de productos científicos y académicos relevantes |

2.5 Fortalecimiento de competencias

el proyecto contribuyó al fortalecimiento de competencias en investigación científica, particularmente en optimización matemática, análisis de algoritmos y aplicaciones en ciencia de datos. Asimismo, permitió desarrollar competencias en trabajo colaborativo internacional, formulación de proyectos de investigación, comunicación científica y difusión de resultados en espacios académicos especializados.

2.6 Equipamiento e infraestructura

No aplica

III EVALUACIÓN DE LECCIONES APRENDIDAS

Técnico

La ejecución del proyecto evidenció la importancia de una adecuada planificación de las actividades de investigación y de la coordinación técnica entre equipos internacionales, especialmente para asegurar la continuidad del trabajo científico durante las pasantías. Asimismo, se reforzó la necesidad de articular de manera temprana los objetivos de investigación con productos científicos concretos, a fin de optimizar los resultados técnicos alcanzados

Administrativo-Financiero

Una lección relevante fue la importancia de una gestión financiera ordenada y oportuna, alineada con el Plan Operativo y los plazos establecidos, lo que permitió una ejecución presupuestal completa y sin observaciones. La experiencia reafirmó la necesidad de una coordinación permanente entre el equipo técnico y el área administrativa para asegurar rendiciones oportunas y consistentes.

Comunicación

El proyecto puso en evidencia la necesidad de mantener canales de comunicación fluidos y sistemáticos entre los integrantes del equipo y las instituciones colaboradoras, especialmente en contextos de trabajo internacional. Una comunicación clara y periódica facilitó la coordinación de actividades, la difusión de resultados y el fortalecimiento de la colaboración académica.

Contexto

La ejecución del proyecto permitió reconocer la importancia de la flexibilidad y adaptación a contextos académicos e institucionales diversos, propios de la colaboración internacional. Esta experiencia resaltó el valor de considerar diferencias institucionales, logísticas y culturales en la planificación de actividades, a fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto

3.1 Análisis del Monitor de la Evaluación de Lecciones Aprendidas:

Técnico: Entre investigadores de instituciones peruanas capacitados en viajes a Francia y países de América del Sur y la conformación del equipo técnico del proyecto, que establecen las Bases, se debe establecer el rol para los investigadores dentro del equipo técnico, evitando así el vacío que se observa, pues no se está capacitando investigadores solo tesistas de pre grado o posgrado.

Administrativo/financiero: Los gastos de viáticos (pasantías o misiones menores a 15 días de duración) serán rendidos con el "Informe de Rendición de Viáticos" habilitado en el SmartSIG, que de cobertura también a las misiones mayor a 15 días.

Comunicación: Entre investigadores de instituciones peruanas capacitados en viajes a Francia y países de América del Sur y la conformación del equipo técnico del proyecto, que establecen las Bases, se debe establecer el rol para los investigadores dentro del equipo técnico, evitando así el vacío que se observa, pues no se está capacitando investigadores solo tesis de pre grado o posgrado.

Contexto: El proyecto se desarrolla en contexto nacional e internacional relacionado a lo académico, logístico, entre otros, por desarrollarse con equipos multidisciplinarios que pone en peligro en algunos casos la culminación satisfactoria de la ejecución, lo que debe ser evaluado por el financiador.

IV OTROS ASPECTOS

4.1 Propiedad y uso de los resultados (precisar si envió toda la información necesaria para el Repositorio Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación.)

La EE cumplió con enviar la información necesaria para el repositorio:

| Seleccione | Comentario                                                  |
|------------|-------------------------------------------------------------|
| SI         | El RIFR estará disponible para el repositorio del CONCYTEC. |

4.2 Elegibilidad para posteriores subvenciones

La Entidad Ejecutora

| Seleccione | Detalle   |
|------------|-----------|
|            | No aplica |

El Responsable Técnico del Proyecto

| Seleccione | Detalle                                                                                                        |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SI         | El responsable y todo el equipo técnico es elegible para participar de futuros concurso del CONCYTEC PROCENCIA |

V CONCLUSIONES

El proyecto ha logrado los resultados que establecieron las Bases y aún mas:

1. Investigadores de diferentes instituciones peruanas capacitados en viajes realizados a Francia y países de América del Sur - se logró con la realización de cinco misiones científicas durante la ejecución del proyecto, superando la meta programada en relación a la capacitación de los integrantes del equipo técnico del proyecto, conformado por investigadores de diferentes instituciones peruanas, que estableció las Bases.
2. El fortalecimiento de una red de investigación con la Universidades Diego Portales, formalizando con una alianza estratégica.
3. La propuesta de un proyecto de investigación titulado "Algoritmos y métodos de optimización para problemas de clasificación robusta" que busca resolver problemas de clasificación en máquinas de vectores soporte y su aplicación en machine learning.
4. La difusión de los resultados obtenidos, se realizó a nivel nacional e internacional en eventos propios del equipo y organizados por terceros, lo que permitió el efecto multiplicador del conocimiento adquirido, así como la publicación de un artículo científico en Scopus, en la revista Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, fue un logro importante para el proyecto.
5. No existe pendientes técnicos ni financieros del proyecto, el informe N°008-2026-PROCENCIA-UA, da la conformidad de saldo cero del proyecto.
6. Por lo que en relación a la elegibilidad, el responsable técnico y equipo son elegibles para participar de futuros concursos de ICONCYTEC-PROCENCIA.

VASQUEZ MUÑOZ ,NOEMI LUCINDA  
Monitor Tecnico del Proyecto

VASQUEZ MUÑOZ ,NOEMI LUCINDA  
Monitor Financiero del Proyecto