

CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Conste por el presente documento, Convenio de Cooperación Interinstitucional que celebra de una parte, la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ** a quien en adelante se denominará UNCP, con RUC N° 20145561095, representada por su Rector **Dr. MOISÉS VÁZQUEZ CAICEDO AYRAS**, identificado con DNI N° 07919052 en virtud de haber sido elegido y debidamente autorizado con resolución N° 011-2015-AUT-UNCP, fijando su domicilio legal en Avenida Mariscal Castilla N° 3909 - 4089 Distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo, Región Junín, que en adelante se denominará "UNCP", y de otra la parte el **INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ**, con RUC N° 20131367008, con domicilio legal en Calle Badajoz N° 169 Urb. Mayorazgo IV Etapa, Distrito de Ate Vitarte, Provincia y Departamento de Lima, debidamente representada por su Presidente Ejecutivo **Dr. HERNANDO JHONNY TAVERA HUARACHE**, identificado con D.N.I. N° 10831063, designado mediante Resolución Suprema N° 002-2017-MINAM, a quien en adelante se denominará "EL IGP".

Ambas partes suscriben el presente documento, en los términos y condiciones que se especifican en las siguientes cláusulas.

CLÁUSULA PRIMERA: DE LAS PARTES

1.1 DEL IGP



El **IGP**, es un Organismo Público Ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente y tiene por finalidad la investigación científica, la enseñanza y la capacitación, la prestación de servicios, y la realización de estudios y proyectos; en las diversas áreas de la geofísica.

Su primordial función es la de estudiar todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra y tiene la capacidad de servir a las necesidades del país en áreas tan importantes como: Sismología, Geodesia Espacial, Vulcanología, Variabilidad y Cambio Climático, entre otras.

1.2 DE LA UNCP

LA **UNCP** es persona jurídica de Derecho Público, oficializada por Decreto Supremo N° 046 de fecha 16 de diciembre de 1959 y con la denominación de Universidad Nacional del Centro del Perú mediante Ley N° 13827 del 02 de enero de 1962, se rige por la Constitución Política del

Perú, la Ley Universitaria 30220, y sus normas internas Estatuto y Reglamentos. Tiene como funciones: la formación profesional; la investigación, la extensión cultural y proyección social; la educación continua y contribución al desarrollo humano.

La UNCP, es una comunidad académica, científica, innovadora, emprendedora inter y transdisciplinaria, inclusiva y democrática con responsabilidad social, orientada a la investigación y la docencia, que brinda una formación humanista, científica, tecnológica y que promueva la generación de unidades empresariales con una clara conciencia del país como realidad multicultural y pluricultural. Adopta el concepto de educación integral como derecho fundamental del hombre y servicio público esencial.

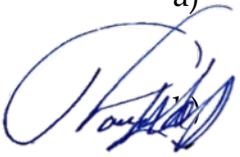
La UNCP viene desarrollando el proyecto “Creación del Centro de Agua de los Andes (CENAA)” - Centro de investigación científica y tecnológica en el ámbito de los recursos hídricos” ejecutado por el Vice-rectorado de Investigación de LA UNCP.

CLÁUSULA SEGUNDA: OBJETIVO DEL CONVENIO

El objetivo del presente convenio es establecer los compromisos y mecanismos de coordinación entre LA UNCP y el IGP, para la ejecución del proyecto “Evaluación temporal de la cobertura y altura de nubes sobre Huancayo basado en ceilómetro, datos satelitales y radares”, a fin de mejorar las capacidades de monitoreo de nubes mediante la utilización de un ceilómetro (basado en tecnología láser).

CLÁUSULA TERCERA: COMPROMISO DE LAS PARTES

Del IGP:

- 
- a) Fortalecer e impulsar el monitoreo de nubes usando un ceilómetro laser para lo cual se designará a un responsable científico, el cual asesorará y monitoreará el funcionamiento del ceilómetro.
Brindar capacitación técnica/científica a docentes y estudiantes de LA UNCP para facilitar la implementación de acciones inherentes al estudio.
 - c) Brindar asesoramiento técnico/científico para la operación del ceilómetro y su implementación de reportes en el portal web de LA UNCP.
 - d) Brindar la seguridad, mantenimiento y facilidades para instalar el ceilómetro de la UNCP en el Observatorio de Huancayo del IGP, para realizar la campaña de medición de nubes hasta el mes de diciembre 2020.
 - e) Generar propuestas conjuntas de artículos científicos para publicación en revistas indexadas en Scopus.
 - f) Promover la integración la estación de la UNCP a la Red Latinoamericana de Lidar (LALINET).

- g) Apoyo en el procesamiento de datos meteorológicos, así como de la revisión periódica del funcionamiento de sensores y estaciones meteorológicas de **LA UNCP**.

De LA UNCP:

- a) Impulsar el funcionamiento del sistema de monitoreo de nubes, a través de investigadores docentes y estudiantes, quienes formularán reportes técnicos, proyectos de investigación y artículos científicos.
- b) Proporcionar apoyo logístico al especialista en monitoreo de nubes y aerosoles de **EL IGP** que realizará labores de mantenimiento de equipos de **LA UNCP**.
- c) Coordinar con **EL IGP** las campañas de comparación con el radar de nubes instalado en el Observatorio de Huancayo.
- d) Realizar el traslado del ceilómetro de la UNCP hacia el Observatorio de Huancayo y su retorno previa coordinación.
- e) Brindar facilidades para que sus profesionales participen en eventos de capacitación y comunicación que se desarrollen en el marco del Estudio.
- f) Difundir en sus redes de comunicación los reportes y notas técnicas.
- g) Reconocer al IGP en todas las publicaciones que surjan como resultado del presente convenio.
- h) Promover la formulación y ejecución de proyectos de investigación con la participación de estudiantes, docentes e investigadores en temas de ciencias atmosféricas y relacionadas.
- i) Reconocer a los asesores y co-asesores de tesis del IGP que realicen dicha labor.
- j) Gestionar ante las oficinas pertinentes la adjudicación de fondos para la ejecución de proyectos de investigación complementarios a los temas.

CLÁUSULA CUARTA: DE LA VIGENCIA Y DURACIÓN

Las partes expresan su intención de mantener vigente el Convenio Específico por un periodo de dos (02) años, contado a partir de su suscripción, pudiendo ser renovado o modificado por mutuo acuerdo de las partes mediante la suscripción de una adenda al presente Convenio.



CLÁUSULA QUINTA: RESOLUCIÓN DEL CONVENIO

Son causales de resolución del presente Convenio:

- a) Por mutuo acuerdo.
- b) Por mandato legal expreso.
- c) Por considerar que el mismo no producirá los resultados esperados debido a circunstancias adversas.
- d) Por el incumplimiento de las responsabilidades o compromisos del presente Convenio imputable a cualquiera de las partes.

- e) Cuando algunas de las partes se vean en la imposibilidad de continuar los compromisos del presente Convenio por causa de fuerza mayor y caso fortuito debidamente justificado.

En los casos señalados, en los literales a), b), y c) las partes deberán suscribir un documento o acuerdo de resolución; en los casos señalados en los literales d) y e) la parte afectada deberá remitir una comunicación de fecha cierta. La resolución surtirá sus efectos a los treinta (30) días calendario siguiente a la notificación de la comunicación escrita o acuerdo de resolución, según sea el caso. Las partes deberán adoptar las medidas necesarias para evitar o minimizar perjuicios tanto a ellas como a terceros. La resolución del convenio bajo cualquiera de los supuestos previstos en esta cláusula no libera a las partes del cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contraídas, hasta la fecha en que la resolución sea efectiva.

CLÁUSULA SEXTA: DEL FINANCIAMIENTO DEL CONVENIO

La inversión que demanda la celebración del presente Convenio para los años 2020 y 2021, se muestra en el siguiente cuadro:

Aporte financiero para ejecución del Convenio



| Estructura de financiamiento (aportes no-monetario) | Aporte (S/) | % |
|--|------------------------|--------------|
| Aporte estimado de LA UNCP | 397,200.0 | 34.4% |
| Aporte estimado de EL IGP | 757,200.0 | 65.6% |
| Total | S/. 1'154,400.0 | 100.0 |

El presupuesto inicial (no monetario) necesario para la ejecución del proyecto, descrito en el Anexo 1, asciende a aproximadamente S/ 1'154,400.0 (Un millón ciento cincuenta y cuatro mil cuatrocientos con 00/100 Soles), los cuales serán asumidos por las partes, de acuerdo al presupuesto referencial adjunto, que forma parte del presente Convenio. Asimismo, las partes ven por conveniente asumir independientemente los costos del personal operativo

CLÁUSULA SÉPTIMA: REPRESENTANTES O COORDINADORES

Para efectos de la ejecución y coordinación del presente Convenio Específico, las partes estarán representadas de la siguiente manera:

Por LA UNCP:

- **Director (a)** del Centro de Agua para los Andes CENAA de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Por EL IGP:

- **Director (a)** de la Sub Dirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera.

Las partes realizarán reuniones conjuntas al menos una vez por semestre y trimestralmente reportarán a la Alta Dirección de **El IGP** y **la UNCP** los avances en la ejecución del presente Convenio.

CLÁUSULA OCTAVA: SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Toda divergencia, controversias o discrepancias que pudiera surgir entre las partes acerca de la interpretación, cumplimiento, validez o aplicación del presente Convenio, o de alguna de sus cláusulas, será resuelto en forma armoniosa mediante el entendimiento directo según las reglas de la buena fe y común intención de las partes.

En defecto de la solución antes expuesta, las partes convienen que cualquier controversia será resuelta por medio de Arbitraje de Derecho en la ciudad de Huancayo y se sujetará a las normas y procedimientos establecidos en el Decreto Legislativo N° 1071 en efecto de la solución antes expuesta por las partes.

Las partes declaran conocer el contenido y el alcance de todas y cada una de las cláusulas que norman este Convenio y se comprometen a respetarlas de acuerdo a las normas de buena fe y común intención, señalando que no media vicio o error que pudiera invalidar el mismo.

CLÁUSULA NOVENA: LIBRE ADHESIÓN Y SEPARACIÓN

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 88.3 del artículo 88 del Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, LAS PARTES declaran expresamente que el presente Convenio es de libre adhesión y separación para ambas.

El Convenio podrá declararse concluido, previa notificación mediante comunicación escrita simple, remitida a la otra parte con una anticipación no menor de sesenta (60) días calendarios.

CLÁUSULA DÉCIMA: DISPOSICIONES FINALES

- 
- a) Ambas entidades, en forma conjunta, podrán revisar los alcances del presente convenio y, de ser el caso, efectuarán las precisiones, recomendaciones, y/o modificaciones que consideren convenientes.
 - b) Ambas entidades se comprometen a dar el debido reconocimiento al aporte de cada grupo de trabajo y personas en los diferentes productos generados a partir de la ejecución de este convenio.
 - c) Cualquier asunto no previsto expresamente en el presente convenio y/o cualquier controversia en su aplicación o interpretación, buscará ser solucionado por el entendimiento directo en base a las reglas de la buena fe y común intención de las partes, procurando para el efecto la máxima

- colaboración para la solución de las diferencias.
- d) Toda comunicación que deba ser cursada entre las partes se entenderá válidamente realizada en los domicilios legales consignados en la parte introductoria del presente convenio.
- e) Toda modificación de los términos u obligaciones contenidas en el presente convenio deberá ser realizada por escrito y por el mismo nivel de aprobación.

Estando de acuerdo con el contenido del presente Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional, las partes lo suscriben, en dos ejemplares de igual tenor y validez.

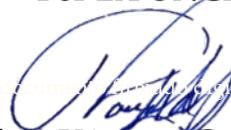
07 OCT. 2020

Por el IGP

documento firmado digitalmente

Dr. Hernando Tavera Huarache
Presidente Ejecutivo
INSTITUTO GEOFÍSICO
DEL PERÚ

Por LA UNCP



Dr. Moisés Vásquez Caicedo Ayras
Rector
UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL CENTRO DEL PERÚ

ANEXO 01

Aportes no monetarios para la ejecución del Convenio Específico entre LA UNCP y EL IGP (2 años de duración)

| ITEM | DESCRIPCIÓN | IGP | UNCP |
|------|--|-----------------|---------------|
| 1 | Ceilómetro CHM8K | | S/.140,000.00 |
| 2 | Ceilómetro CHM15K | | S/.250,000.00 |
| 3 | Radar de nubes y precipitación | S/.750,000.00 | |
| 4 | Labor profesional de responsables por 24 meses (IGP: 5% de dedicación del Ing. Luis Suárez y UNCP: 10% de Mag. Edwin Zorrilla) | S/.7,200.00 | S/.7,200.00 |
| | TOTAL | S/.757,200.00 | S/.397,200.00 |
| | PORCENTAJE | 65.6% | 34.4% |
| | TOTAL DEL PROYECTO | S/.1'154,400.00 | |

ANEXO 02

Cronograma mensualizado de actividades y entregables del proyecto

| Item | Descripción de Actividades | Año 1 | | | | Año 2 | | | | | | |
|------|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|
| | | Trimestre | | | | Trimestre | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 1 | Traslado del ceilómetro de la UNCP al IGP e implementación de estación de monitoreo. Entregable: 01 ceilómetro operativo en el Observatorio de Huancayo del IGP. (Responsable: IGP) | X | | | | | | | | | | |
| 2 | Taller de capacitación para estudiantes y docentes en ciencias de la atmósfera. Entregable: 01 Taller de capacitación realizado en la UNCP para el menos 30 participantes (Responsable: IGP) | X | X | | | | | | | | | |
| 3 | Seguimiento y monitoreo de estación de investigación de la UNCP Entregable: 06 reportes tri-mensuales sobre datos generados por ceilómetros y radar. (Responsable: UNCP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 4 | Análisis comparativo entre mediciones de LA UNCP (sitio urbano) y EL IGP (sitio rural) Entregable: 06 reportes técnicos sobre comparación mensual de sitio rural y urbano de nubes y aerosoles (Responsable: IGP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 5 | Difusión de boletines mensuales y notas técnicas semestrales. Entregables: 18 boletines mensual de mediciones de aerosoles y nubes y 3 notas técnicas sobre operación del ceilómetro y radar (Responsable: UNCP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 6 | Reuniones de coordinación interinstitucional para la evaluación y fortalecimiento de los grupos de investigación Entregable: 08 actas de reuniones de coordinación y reporte sobre avances en ejecución del proyecto. (Responsable: UNCP) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 7 | Capacitación de análisis avanzado de datos atmosféricos. Entregable: 02 talleres de capacitación realizados en la UNCP para al menos 20 personas. (Responsable: IGP) | | | X | X | | | | X | X | | |
| 8 | Elaboración de informe sobre principales resultados Entregable: 01 Informe final sobre proyecto ejecutado (Responsable: UNCP) | | | | | | | | X | X | | |

ANEXO 03

1. NOMBRE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

EVALUACIÓN TEMPORAL DE LA COBERTURA Y ALTURA DE NUBES SOBRE HUANCAYO BASADO EN CEILÓMETRO, DATOS SATELITALES Y RADARES

2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Aplicada

3. DURACIÓN DEL PROYECTO (UNIDAD DE TIEMPO EN MESES)

12 meses

4. TIPO DE FINANCIAMIENTO

El proyecto tendría un financiamiento no monetario liderado por la Universidad Nacional del Centro del Perú en base a su participación directa en el proyecto y el apoyo del Instituto Geofísico del Perú.

5. ENTIDAD UNIVERSITARIA Y COLABORADORES.

INVESTIGADORES PRINCIPALES:

- **Ing. Luis Suárez Salas**, Agregado de investigación del Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. Email: lsuarez@igp.gob.pe
- **Mag. Edwin Zorrilla Delgado**, Coordinador del Centro de Agua para los Andes (CENAA) de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Email: edwinzorrillad@gmail.com

CO-INVESTIGADORES

a. INTERNACIONALES

- **Dr. Rene Estevan Arredondo**, del Grupo de Óptica Aplicada del Instituto de Meteorología de Cuba, actualmente laborando en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú.
Email: restevan@igp.gob.pe
- **Dr. Boris Barja**, Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad Magallanes en Punta Arenas, Chile.
Email: boris.barja@umag.cl

b. DE LA UNCP

- **Mag. Wilfredo Ramirez Salas**, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente
Email: caobawrs67@gmail.com
- **MSc. José Pomalaya Valdez**, Facultad de Ingeniería Química.
Email: jpomalayav@yahoo.es

- **Dr. Jesús Ulloa**, Facultad de Ingeniería de Sistemas.
Email: ulloanjesus@gmail.com

c. DEL IGP

- **Dr. Jose Flores Rojas**, Observatorio de Huancayo
Email: jflores@igp.gob.pe
- **Dra. Yamina Silva**, SubDirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera
Email: fsilva@igp.gob.pe
- **Ing. Jairo Valdivia**, SubDirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera
Email: jvaldivia@igp.gob.pe

6. RELEVANCIA CIENTÍFICA

Las nubes tienen un rol central en el balance de energía y en el funcionamiento del clima terrestre. La investigación en nubes es un tema de actual vigencia en la comunidad internacional de las ciencias atmosféricas. Esto debido a la complejidad de enfocar y medir las propiedades físicas, micro físicas, radiativas y ópticas de las nubes. Así mismo son un reto científico para la comunidad internacional determinar la interacción de las nubes con la radiación solar, los procesos de formación de las lluvias desde una micro escala hasta el nivel de una cuenca y sus cambios debido al calentamiento global. Por ello, las nubes son de los componentes del sistema terrestre que generan la mayor incertidumbre al modelamiento y entendimiento de los procesos en la atmósfera. Esta falta de información científica es más escasa aún aun en la región Andina del Perú donde los recursos hídricos son fundamentalmente generados por las lluvias estacionales, que dependen de las nubes formadas por transporte de humedad desde la Amazonía.

Por ello, se considera que la ejecución del proyecto contribuirá grandemente con el fortalecimiento de capacidades de investigación en ciencias atmosféricas de la UNCP. La adquisición de un equipo de alta precisión científica como es del ceilómetro (basado en la técnica Lidar Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) para medir parámetros relacionados a las propiedades de las nubes lo que además permitirá integrarnos en la Red Latinoamericana de Lidares (LALINET) que cuenta con apoyo directo de la Agencia Espacial Europea. Esa será una gran contribución a la investigación mundial dado que se da en una región, como la zona Andina, donde hay poca información. También permitirá disponer y formar recursos humanos para su óptimo funcionamiento de mediano y largo plazo. Luego, debemos de considerar que Huancayo por la antigüedad de su Observatorio ha sido considerado un centro de importancia para la investigación atmosférica, y durante los últimos años se han venido ejecutando diversos estudios sobre el cambio climático y la ejecución de este proyecto contribuirá los esfuerzos locales por mejorar sus

capacidades de investigación y, especialmente, complementará y potenciará los ya existentes.

Por ello, este proyecto también reforzará grandemente las labores académicas de la Facultad de Ingeniería Forestal y del Ambiente, Facultad de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de Sistemas y Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UNCP. Así mismo, un especialista del IGP apoyará la creación de un grupo especializado en contaminación de la atmósfera donde estudiantes de las diversas facultades de pre y post grado recibirán capacitación y apoyo para la investigación con la finalidad de llegar a proponer temas de tesis y/o publicaciones científicas. La instalación de los equipos propuestos y la llegada de investigadores de amplia experiencia contribuirán en incrementar sus posibilidades de mejorar sus conocimientos y habilidades.

Finalmente, la generación de toda esta información de monitoreo de nubes, el equipamiento a adquirir y la calidad de los socios con los que trabajaremos sugiere que se podrán realizar publicaciones científicas de calidad para presentarse a revisar indexadas tanto como autor principal como co-autor. También dará la posibilidad de participar en congresos nacionales e internacionales posicionando a la UNCP como referente en la investigación atmosférica del Perú. Se debe indicar que las tesis tanto de pre-grado como de postgrado de los alumnos culminará indefectiblemente en artículos científicos para su presentación en revistas indexadas de especialidad.

7. RELEVANCIA SOCIAL

Es de resaltar que este proyecto enfoca la región andina del Perú, donde las capacidades humanas son limitadas, los recursos son escasos y la participación en investigación científica es pobre. Por ello se mejorará la inclusión social de jóvenes estudiantes y profesionales dándoles mejores y mayores herramientas y oportunidades para alcanzar su máximo desarrollo personal y profesional. Se brindará entrenamiento especializado nacional e internacional y la oportunidad de usar equipamiento especializado y de interactuar con investigadores reconocidos y de amplia experiencia tanto de la UNCP como del IGP. Además, será ejecutado por una universidad que tiene un compromiso y una misión directa para con los estudiantes locales. Esta creará un centro de investigación para mantener las labores y permitir una mayor participación de jóvenes de otras instituciones públicas y privadas. Se crearán un programa de becas y prácticas para que desarrollen sus habilidades y completen sus tesis de grado.

También el impacto social es importante debido a que se incrementará grandemente la investigación en las nubes en una zona crítica como es el Valle del Mantaro que depende grandemente de las lluvias para la producción agrícola. También se incrementará el equipamiento especializado para el monitoreo atmosférico que le dará prestigio académico a la UNCP y permitirá que más estudiantes se interesen por ser parte de ella. Así mismo hará que la instrumentación de la UNCP sea de la mejor a nivel nacional equiparado con las mejores universidades del mundo mejorando su prestigio académico en este

tema. Con la información generada se espera mejorar el conocimiento de la variabilidad de las nubes y su cobertura que permita predecir posibles cambios o eventos extremos sobre el Valle alertando a la población y los agricultores.

8. OBJETIVOS DEL PROYECTO

General

Evaluar la variación temporal de la cobertura y altura de la base de las nubes sobre Huancayo mediante la intercomparación de técnicas de medición (ceilómetro, radar y satelital) para establecer una línea de base de referencia a los cambios en el futuro.

Específicos

- Establecer una estación permanente de medición de nubes basada en tecnología láser de un ceilómetro (sistema Lidar) siguiendo los lineamientos de prestigiosas redes de investigación.
- Relacionar la variación de la altura de nubes con la cantidad y tipo de precipitación reportado por estaciones meteorológicas.
- Caracterizar la variación de la cobertura y altura de nubes a diferentes escalas de tiempo.
- Intercomparar diferentes técnicas de medición (ceilómetro, radar y satelital) de las características de nubes predominantes de una ubicación de los Andes.
- Integrar a la UNCP en la red Latinoamericana de Lidares de América Latina (LALINET) y la comunidad mediante la publicación de artículos científicos en revistas indexadas de impacto.

9. RESUMEN DEL PROYECTO

Los recursos hídricos de la región Andina tienen una importante influencia en la humedad proveniente de la Amazonia. Estas masas de humedad forman nubes a lo largo de los Andes y precipitan especialmente desde Octubre a Marzo de cada año. Incluso Las diversas estructuras topográficas generan una variedad de formas de nubes. Pese a ello, no existe una detallada evaluación de la variabilidad de las nubes en el tiempo y su formación a diversas alturas ni cómo se relacionan con las precipitaciones que se registran en tierra. Menos aún sabemos sus posibles cambios debido al cambio climático.

A nivel mundial las nubes representan uno de los mayores retos científicos debido su alta complejidad estructural y procesos físicos e interacción con la radiación solar. Por ello, este proyecto propone evaluar la variación temporal de la cobertura y altura de la base de las nubes sobre Huancayo (como ubicación típica de la zona Andina) mediante la intercomparación de técnicas de medición (ceilómetro, radar y satelital) para establecer una detallada climatología. Esto será acompañado del apoyo de un sofisticado radar de nubes y precipitación del Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú y sensoramiento remoto de satélites de las NASA. También tendrá un detalla comparación entre

la variación de la altura de nubes con la cantidad y tipo de precipitación reportado por estaciones meteorológicas de la zona de Huancayo.

Para ello, se implementará una estación de monitoreo atmosférico de alta precisión en cooperación con el Observatorio de Huancayo. Estos equipos serán los únicos de su calidad en el Perú y cumplirán las estrictas exigencias de la Organización Mundial de Meteorología (OMM) y colaboradores de la NASA de EEUU para comparación e integración en la evaluación regional y aportar datos a la comunidad científica global. Se generará abundante información para el uso libre de los investigadores, docentes y alumnos de la UNCP a través de sus tesis o artículos de investigación.

Se complementarán esfuerzos existentes y se incrementarán las capacidades locales de investigación con equipos calibrados y reportando a base de datos mundiales. Se desarrollarán al menos unas 2 publicaciones en revistas indexadas internacionales de alto impacto en colaboración con prestigiosos grupos. Se Integrará a la UNCP en la red Latinoamericana de Lidares de América Latina (LALINET) y la comunidad científica de las ciencias atmosféricas mediante la publicación de artículos científicos en revistas indexadas de impacto y participación en eventos internacionales. A nivel institucional, se gestionarán convenios de cooperación con la Universidad de Magallanes de Chile y el Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, Cuba, especialmente para el intercambio de estudiantes y docentes investigadores.

10. HIPÓTESIS

Para responder las interrogantes de investigación planteadas, este trabajo a desarrollar plantea dos hipótesis básicas:

Sobre los cambios de la cobertura y altura de la base de nubes en función del tiempo:

- **Hipótesis nula 1:** No existe variación temporal en la cobertura y altura de la base de las nubes sobre Huancayo. Más específicamente, probaremos que no existe un cambio estadísticamente significativo en la frecuencia de aparición de las nubes a lo largo del año.

Sobre las diferencias de mediciones de nubes utilizando diversa instrumentación avanzada:

- **Hipótesis nula 2:** No existe diferencias significativas en las mediciones de cobertura y altura de la base de las nubes sobre Huancayo mediante 3 técnicas de medición diferentes: ceilómetro, radar y satelital.

11. JUSTIFICACIÓN

Los recursos hídricos son de suma importancia para el bienestar de las ciudades y la calidad de vida de las personas. Desde el punto de vista científico, el mejorar su entendimiento y los procesos de formación y generación de lluvias

son un aporte para valioso para el modelamiento y posterior gestión. Por ello, este proyecto propone la inclusión de la UNCP en prestigiosos grupos de investigación liderados por la institución científica más importante a nivel mundial dada la importante instrumentación científica que ha adquirido en los últimos meses. Así mismo se podrá colaborar directamente con el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú cuyo grupo de investigación en física de la atmósfera recientemente fue seleccionada por el CONCYTEC dentro de los 4 mejores grupos de investigación del Perú, brindándole cerca de \$2.5 millones de soles para desarrollar investigación científica de avanzada en la temática de la atmósfera.

En los casos mencionados tienen un fuerte compromiso para la generación de productos finales de investigación así como para la publicación de artículos científicos en revistas indexadas de alto factor de impacto. Esto hará que la UNCP sea incluida como colaborador directo en las publicaciones que regularmente sacan estos grupos de investigación, lo cual permitiría que la UNCP se vea también representada en la comunidad científica. En ese mismo sentido los equipos a adquirir generarán una gran cantidad de datos de alta calidad que podrán ser aprovechados por los docentes, investigadores y alumnos de la UNCP para sus propias publicaciones dándoles más posibilidades que publiquen en revistas de importancia tanto nacional como internacional. Se podrá coordinar con los alumnos para el desarrollo de sus tesis de investigación. Tanto docentes como alumnos tendrán el soporte de conocimiento científico de nuestros socios de investigación.

12. MARCO TEÓRICO

Las nubes juegan un papel fundamental en el balance de radiación global y en el ciclo hidrológico. Las propiedades macroscópicas de la nube, como los tipos de nubes, las alturas de la base de las nubes y las distribuciones temporales y espaciales de la nubosidad, son características importantes para describir el impacto de las nubes en un clima cambiante definido por el cambio climático como sucede en la actualidad. Históricamente, estas propiedades de la nube han sido registradas por observadores humanos durante más de 100 años. Con el progreso de la tecnología de la medición meteorológica automatizada, muchos instrumentos como el ceilómetro, la cámara de imágenes de cielo total (TSI) y los radares de nubes y precipitación se han desarrollado y mejorado para obtener estas propiedades de la nube. En ese sentido se han realizado muchas investigaciones para conocer las diferencias en las características de las nubes medidas por las diferentes técnicas y también para entender su alta variabilidad y propiedades físicas y ópticas que son claves para el balance de energía y la formación de precipitaciones.

En la actualidad tenemos un calentamiento medio global en superficie que sigue al incremento incesante de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂). Es probable que se encuentre entre en el intervalo de 2°C a 4,5°C. En los modelos climáticos que se utilizan para determinar este intervalo los cambios en el vapor de agua representan la mayor retroalimentación (particularmente de las nubes

bajas) que afecta a la sensibilidad del clima y son la mayor fuente de incertidumbre. Los modelos y observaciones en tierra indican que los cambios en el flujo radiativo de la superficie de la Tierra afectan al balance de calor y humedad de la superficie y por tanto, el ciclo hidrológico se ve implicado. Los estudios recientes indican que cada agente de forzamiento influye de forma diferente en el ciclo hidrológico mediante sus interacciones con las nubes. Existen grandes incertidumbres sobre cómo las nubes responderían al cambio climático global.

Por ello técnicas novedosas y automáticas se ha desarrollado y mejorado para tener instrumentación científica de acorde a los grandes retos de las ciencias de la atmósfera. Estos instrumentos permiten tener mediciones continuas sobre diversas propiedades físicas, micro físicas, ópticas y radiativas que permitan tener una adecuada base de datos para fines de su comparación y evaluación en un contexto de cambios ambientales acelerados. Por ejemplo, con el ceilómetro láser, se determina la altura de la base de la nube (ABN) midiendo el tiempo tomado por un pulso de luz coherente para viajar desde un transmisor a la base de la nube y regresar a un receptor (principio: detección y alcance de luz láser, lidar). La salida de un láser es dirigida verticalmente hacia arriba, donde, si hay una nube sobre el transmisor, la radiación se dispersa por los hidrometeoros formando la nube. La mayor parte de la radiación se dispersa hacia arriba pero algunos se dispersan hacia abajo y se enfocan en el receptor hacia un detector fotoeléctrico. El flujo radiante retrodispersado al receptor disminuye con el rango de acuerdo con un cuadrado inverso ley. El ceilómetro (Figura 1) generalmente comprende dos unidades, un conjunto transmisor-receptor y una unidad de grabación.

El transmisor y el receptor están montados en una sola carcasa, junto con la detección de señal y procesamiento electrónico. La fuente de luz es generalmente un láser semiconductor con una longitud de onda en el infrarrojo cercano (aproximadamente 1,000 nanómetros, nm) . Las ópticas del transmisor están dispuestas para colocar la fuente de láser y receptor detector en el foco de un sistema de telescopio convencional o newtoniano. Las superficies de los lentes reciben un revestimiento de cuarto de onda adecuado para reducir la reflexión y proporcionar una alta transmisión de la luz. El receptor es de construcción similar al transmisor, excepto que se reemplaza la fuente de luz por un fotodiodo, y se incorpora un filtro óptico de banda estrecha. El filtro excluye la mayoría de la radiación solar difusa de fondo, mejorando así la detección de la radiación láser dispersada por la luz del día. El transmisor y el receptor se pueden montar uno al lado del otro para que el haz del transmisor y el campo de visión del receptor comienza a superponerse a unos 5 m por encima del ensamblaje y se superpone completamente a unos cientos de metros.

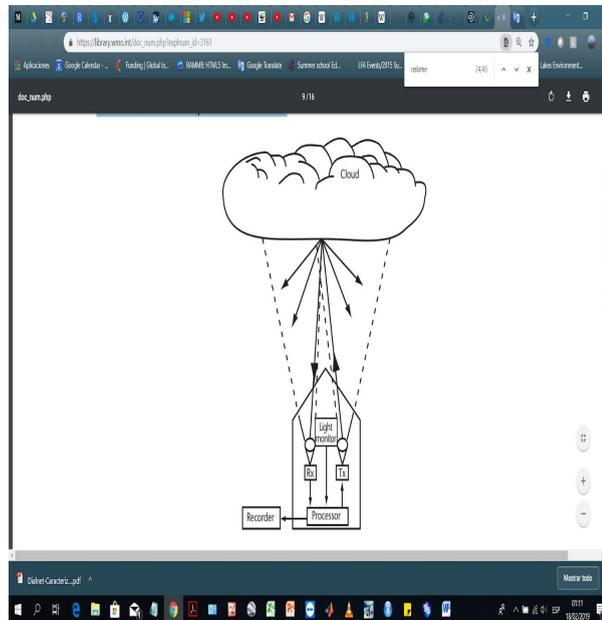


Fig. 1. Diagrama esquemático del funcionamiento de un ceilómetro láser para determinar la altura de las nubes

Según la Organización Mundial de Meteorología (WMO), a través de una campaña internacional de intercomparación realizada en 1998 reveló que, utilizando la tecnología actual, los ceilómetros láser proporcionaron la mayor información precisa, confiable y eficiente para medir la altura de la base de la nube desde el suelo comparado con equipos alternativos. La figura 2 muestra un ejemplo claro sobre la detección de nubes entre los 2 a 3 km de altura durante mediciones en Alemania con un instrumento que es parte del instrumental que considera este proyecto.

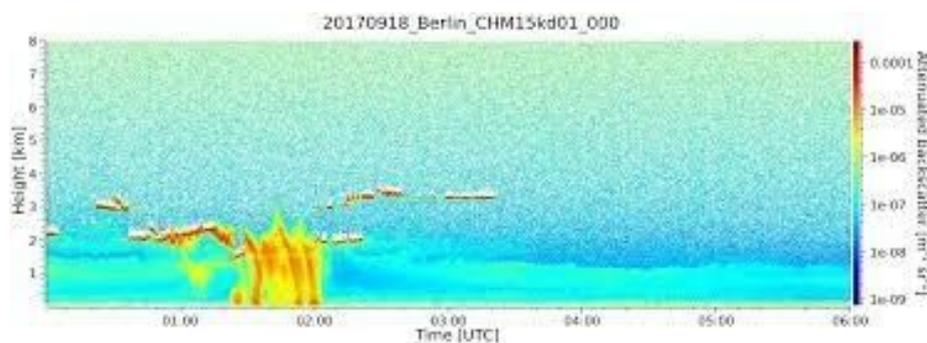


Fig. 2. Ejemplo de medición del ceilómetro (modelo CHM8K y marca Luft de Alemania) donde se notan diversos cambios temporales en diversos aspectos de la distribución vertical de la atmósfera y la presencia de tipos de nubes (marcas de color blanco).

Del mismo modo, los avances de la teledetección han permitido tener instrumentos a bordo de los satélites que con sus ventajas y limitaciones brindan importante información sobre las nubes. Por ejemplo, el sensor de la NASA

denominado MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) desde más de 10 años generando información con sus 36 bandas espectrales entre las longitudes de onda de 0.41 a 14.2 μm . Este instrumento provee información sobre diversos componentes de la atmósfera y de la superficie terrestre. Sobre nubes permite obtener información sobre cobertura de nubes, balance de energía y procesos que ocurren en la más baja atmósfera y con una resolución de 5 km. El algoritmo de detección de nubes está principalmente basado en el análisis multiespectral de nubes. La reflectancia y la radiación de las nubes son diferentes a las emitidas por la superficie de la tierra en las bandas espectrales visible e infrarrojo. MODIS utiliza CH1 (0.620–0.670 μm), CH2 (0.841–0.876 μm), CH26 (1.360–1.390 μm), CH29 (8.400– 8.700 μm), and CH31 (10.780–11.280 μm) en la región infrarrojo y visible para la evaluación del espectro de emisión de las nubes.

De otro lado, tenemos el uso de los radares para fines de estudiar las nubes y los diversos procesos de su formación y la liberación de energía en las precipitaciones. En este caso, el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú ha dado grandes avances en la utilización de un radar de nubes y precipitación. El radar con el que cuenta el IGP es de tipo Ka-band precipitation radar (KaPR), es un radar activo e innovador, donde el proceso físico que gobierna es el efecto de dispersión no Rayleigh, opera en alta resolución, ya que tiene frecuencia de 35.5 GHz con una longitud de onda de 6 milímetros (mm) y detecta lluvias. El KaPR es un sensor muy sensible permitiendo que la estimación de precipitación sea más precisa, y los valores de registro comienza a partir de 12dBZ. Así mismo el KaPR tiene la capacidad de detectar la altura de transición de fase del sistema de precipitación, además por su alta sensibilidad puede detectar mayor cantidad de eventos de nieve.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Boers, R., M. J. De Haij, W. M. F. Wauben et al., 2010. “Optimized fractional cloudiness determination from five ground-based remote sensing techniques,” *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, vol. 115, no. 24, pp. 1–16.
- Feister, U., H. Möller, T. Sattler, J. Shields, U. Görndorf, y J. Güldner, 2010. “Comparison of macroscopic cloud data from ground-based measurements using VIS/NIR and IR instruments at Lindenberg, Germany,” *Atmospheric Research*, 96, (2-3), 395–407.
- Forster, y col. 2007. “Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*”, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Fukao, S., K. Hamazu, and R. J. Doviak, 2014: *Radar for meteorological and atmospheric observations*. Springer.

- Gaumet, J. L., J. C. Heinrich, M. Cluzeau, P. Pierrard, y J. Prieur, 1998. “Cloud-base height measurements with a single-pulse erbium-glass laser ceilometer,” *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15 (1), 37–45.
- Hobbs, P.V., 1993. “Aerosol-Cloud-Climate interactions”, Academic Press Inc., USA.
- Houze Jr, R. A., 2014. “Cloud dynamics”, Academic press, New York, 2nd edition, 423 pp.
- Iguchi, T., T. Kozu, R. Meneghini, J. Awaka, and K. Okamoto, 2000: Rain-profiling algorithm for the trmm precipitation radar. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 2038–2052.
-
- Schade, N. H., A. MacKe, H. Sandmann, y C. Stick, 2009. “Total and partial cloud amount detection during summer 2005 at Westerland (Sylt, Germany),” *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9 (4), 1143–1150.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., y Miller, H. L., 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- WMO, 1988: *WMO International Ceilometer Intercomparison* (D.W. Jones, M. Ouldridge and D.J. Painting). Instruments and Observing Methods Report No. 32 (WMO/TD-No. 217). Ginebra.
- World Meteorological Organization, *Guide of Meteorological Instruments and Methods of Observation*, World Meteorological Organization, Lyon, France, 2008.
- Wiegner, M., F. Madonna, I. Biniotoglou et al., “What is the benefit of ceilometers for aerosol remote sensing? An answer from EARLINET”.
- *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 7, no. 7, pp. 1979–1997, 2014. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#).
- Zelinka, M. D. y D. L. Hartmann, 2010. “Why is longwave cloud feedback positive?” *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 115, no. 16.

14. Presupuesto no-monetario consolidado sobre instrumentación y participación de profesionales de ambas instituciones.

Aportes no monetarios para la ejecución del Convenio Específico entre
LA UNCP y EL IGP (2 años de duración)

| ITEM | DESCRIPCIÓN | IGP | UNCP |
|------|--|-----------------|---------------|
| 1 | Ceilómetro CHM8K | | S/.140,000.00 |
| 2 | Ceilómetro CHM15K | | S/.250,000.00 |
| 3 | Radar de nubes y precipitación | S/.750,000.00 | |
| 4 | Labor profesional de los responsables por 24 meses (IGP: 5% de dedicación del Ing. Luis Suárez y UNCP: 10% de Mag. Edwin Zorrilla) | S/.7,200.00 | S/.7,200.00 |
| | TOTAL | S/.757,200.00 | S/.397,200.00 |
| | PORCENTAJE | 65.6% | 34.4% |
| | TOTAL DEL PROYECTO | S/.1'154,400.00 | |

Cronograma mensualizado de actividades y entregables del proyecto

| Item | Descripción de Actividades | Año 1 | | | | Año 2 | | | | | | |
|------|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|
| | | Trimestre | | | | Trimestre | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 1 | Traslado del ceilómetro de la UNCP al IGP e implementación de estación de monitoreo. Entregable: 01 ceilómetro operativo en el Observatorio de Huancayo del IGP. (Responsable: IGP) | X | | | | | | | | | | |
| 2 | Taller de capacitación para estudiantes y docentes en ciencias de la atmósfera. Entregable: 01 Taller de capacitación realizado en la UNCP para el menos 30 participantes (Responsable: IGP) | X | X | | | | | | | | | |
| 3 | Seguimiento y monitoreo de estación de investigación de la UNCP Entregable: 06 reportes tri-mensuales sobre datos generados por ceilómetros y radar. (Responsable: UNCP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 4 | Análisis comparativo entre mediciones de LA UNCP (sitio urbano) y EL IGP (sitio rural) Entregable: 06 reportes técnicos sobre comparación mensual de sitio rural y urbano de nubes y aerosoles (Responsable: IGP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 5 | Difusión de boletines mensuales y notas técnicas semestrales. Entregables: 18 boletines mensual de mediciones de aerosoles y nubes y 3 notas técnicas sobre operación del ceilómetro y radar (Responsable: UNCP) | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 6 | Reuniones de coordinación interinstitucional para la evaluación y fortalecimiento de los grupos de investigación Entregable: 08 actas de reuniones de coordinación y reporte sobre avances en ejecución del proyecto. (Responsable: UNCP) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 7 | Capacitación de análisis avanzado de datos atmosféricos. Entregable: 02 talleres de capacitación realizados en la UNCP para al menos 20 personas. (Responsable: IGP) | | | X | X | | | X | X | | | |
| 8 | Elaboración de informe sobre principales resultados Entregable: 01 Informe final sobre proyecto ejecutado (Responsable: UNCP) | | | | | | | X | X | | | |