Uso de Radares del Distrito Metropolitano de Quito para la eficaz y oportuna emisión de Alertas Tempranas ante la ocurrencia de eventos adversos de precipitaciones en la ciudad

Miércoles, 09 de junio de 2021

# RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se realiza con el objetivo de rehabilitar y fortalecer la red de radares que se encuentran ubicados en la ciudad de Quito en los sectores de El Troje, Monjas y Mitaloma. Lo cual permitirá el mejoramiento continuo de los Pronósticos con un porcentaje de aciertos del 80 al 90% y los Sistemas de Alerta Temprana oportunos con un tiempo de anticipación previstos entre 3 a 6 horas ante eventos de precipitación. Favoreciendo a la prevención y disminución de riesgos mediante el monitoreo permanente y la comparación de datos reflejados con las estaciones meteorológicas e hidrológicas.

La modelación numérica que se ejecuta en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología se alimentará de manera permanente con los datos provenientes de la red de radares, ajustando la resolución y grado de acierto en la previsión de las condiciones atmosféricas en la ciudad.

# INTRODUCCION

La utilización de los radares a nivel mundial ha permitido la evolución del monitoreo atmosférico, siendo necesario y eficaz para la detección de eventos extremos de precipitación de manera dispersa o puntual. El radar es un sensor remoto con variadas aplicaciones, entre las cuales se destaca la detección y estimación cualitativa y cuantitativa de la precipitación dependiendo del tipo de radar a ser aplicado.

A pesar de su necesaria utilidad para la vigilancia meteorológica y prevención de desastres naturales relacionada a las precipitaciones espacio-temporales, la disponibilidad de radares en Sudamérica es menor en comparación con los países industrializados.

En la ciudad de Quito han sido implementados por parte del INAMHI con apoyo del SENECYT tres radares de banda X, los cuales actualmente emiten información de tipo cualitativo manejando variables de ligera, moderada y fuerte intensidad. Estos radares abarcan un radio de 60 Km y entraron en funcionamiento a partir del año 2012 en el sector Troje y en el 2016 en los sectores de Mitaloma y Monjas.

Cabe mencionar que el Distrito Metropolitano de Quito es una de las ciudades más pobladas del Ecuador, debido a su topografía irregular y ubicación geográfica dentro de la cordillera de los Andes, sumado a otros factores como los riesgos antrópicos, incrementan las condiciones de alta vulnerabilidad siendo necesario el monitoreo y activación continua de sistemas de alerta temprana.

El beneficio fundamental de contar con una red de radares activos y en óptimas condiciones de funcionamiento, será favorecer la capacidad de acción y respuesta ante un evento extremo de precipitación protegiendo la integridad física de los ciudadanos, sus bienes y el medio ambiente debido a la posible existencia ante un desastre. Además, al contar con una red de radares permitirá obtener y comparar datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas automáticas y convencionales, contribuyendo a la minimización de riesgos, respuesta oportuna por parte de las autoridades competentes y controlar el daño a la salud de las personas.

# ANTECEDENTES

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), desde el 01 de enero de 2011, mantiene en ejecución el proyecto FORTALECIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED BÁSICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR que, entre sus objetivos principales esta la consolidación de la red hidrometeorológica y climatológica básica. El Proyecto PIC-12-INAMHI-001 30 DE MARZO 2012 “Desarrollo de Modelación para la Cuantificación de precipitaciones con una Resolución Espacial y a Cortísimos Intervalos de Tiempo para las Zonas Pobladas del País, Utilizando Tecnología de Radares Meteorológicos–Caso: DM de Quito” donde la SENECYT financiando el proyecto permitió la adquisición e instalación de tres radares de banda X instalados estratégicamente a lo largo del DMQ hasta marzo de 2016 para la predicción de lluvias a corto plazo. Bajo condiciones normales cada radar funciona con un radio de 60 Km para pronóstico y alerta de lluvias y un radio de entre 20 y 30 Km para medición de intensidad de precipitación.

# LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RADARES

## LOCALIZACIÓN

Dentro de la provincia de Pichincha, cantón Quito, existen tres radares banda X implementados en el proyecto entre INAMHI y SENECYT los cuales se encuentran ubicados en las siguientes coordenadas.

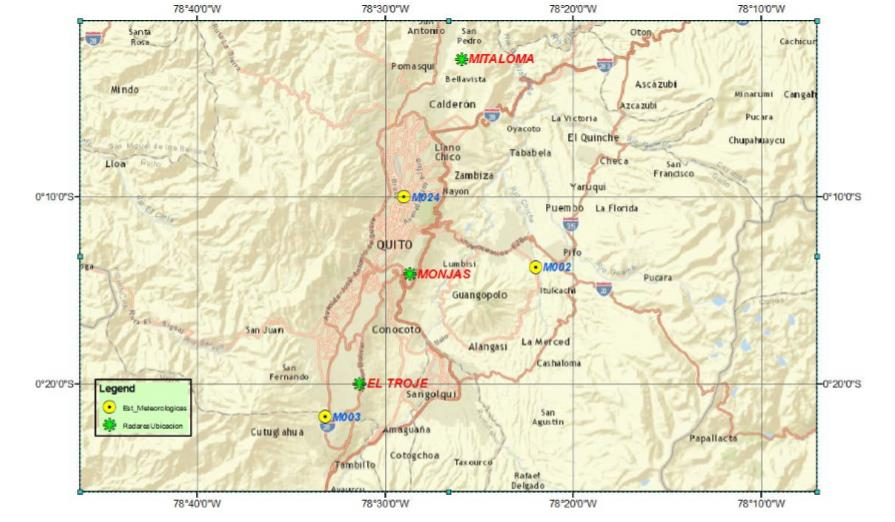
Tabla 1 Ubicación Geográfica Radares DMQ

|  |  |
| --- | --- |
| **RADAR** | **UBICACIÓN GEOGRÁFICA** |
| Mitaloma | (0°02’13’’S, 78°25’40’’W) |
| El Troje | (0°19’51’’S, 78°31’18’’W) |
| Monjas | (0°14’04’’S, 78°28’38’’W) |

**Elaborado:** Raúl Parra, 2021

En la imagen Mapa 1., se aprecia la distribución de los radares del D. M. de Quito según la zona de ubicación.

**Mapa 1.** Ubicación de radares en el DMQ



**Fuente:** Ayabaca, 2017

## CARACTERÍSTICAS

Los Radares de banda X cuentan con ventajas como antenas de menor tamaño menor potencia que las de banda S o C, la longitud de onda relativamente corta en esta banda de frecuencias permite obtener una resolución bastante alta en la proyección de imagen del radar, para la identificación y discriminación del blanco. La frecuencia que usa normalmente un radar marino está entre 8-12 GHz y su longitud de onda es de 2.5-4 cm que los hace muy sensitivos a los objetos de pequeño tamaño, además el costo de mantenimiento es muy bajo comparado con otras tecnologías que pueden llegar a costar alrededor de $500.000,00 por año y por radar. Todas estas ventajas convirtieron a los radares de banda X en la mejor opción para el área poblada del DMQ.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Establecer una estrategia enfocada en la activación y adecuado funcionamiento de los radares del Distrito Metropolitano de Quito, que permita mantener una fuente permanente de información confiable para la medición de la precipitación con un alto grado de resolución espacio-temporal, lo que permita mejorar los pronósticos meteorológicos del tiempo en la ciudad y el monitoreo continuo, fortaleciendo los sistemas de alerta temprana de manera oportuna sobre posibles desastres que pueden ser causados por eventos extremos de precipitación.

## OBJETIVO ESPECIFICO

* Analizar y comparar la información obtenida por los radares e imágenes satelitales para un adecuado y preciso monitoreo atmosférico de las condiciones meteorológicas del D.M. de Quito ante la presencia de precipitaciones.
* Establecer una comparación de los datos registrados por las estaciones meteorológicas e hidrológicas con los datos obtenidos de los radares para una mejor identificación de eventos extremos.
* Integrar la información derivada de los radares en el modelo numérico Weather Research and Forecasting (WRF) para mejorar sus salidas y aprovechar sus resultados en la elaboración de pronósticos del DMQ.
* Desarrollar un Sistema Automático de Medición eficiente de Precipitación, para la calibración de Radares Meteorológicos de área local, que involucre la calibración de equipos, ajuste de sensores automáticos de precipitación en volumen e intensidades, desarrollo de un prototipo de medidor de precipitación, y una mesa de prueba de precipitación en la estación meteorológica de Izobamba (Sur de Quito), para la interoperación y ajuste de sensores automáticos de precipitación en laboratorio y campo.
* Fortalecer los productos elaborados por la Dirección de Pronósticos y Alertas Hidrometeorológicas del INAMHI como son: los boletines de Alerta Temprana y pronósticos a corto plazo (Nowcasting), mediante el uso de la información obtenida por un sistema integral que incluya la información de la red de radares para una eficaz cooperación con sectores estratégicos.

# PROCEDIMIENTO

A través de la información proveniente de los tres radares ubicados en el D. M. de Quito, se podrá obtener una cobertura casi total de la distribución de precipitaciones que se desarrollen dentro de la ciudad. La intensidad, el tipo y posible desplazamiento de la precipitación se podrá ir monitoreando e identificando en tiempo real a través de la información proveniente de esta red de radares.

La operatividad de los diferentes radares en Quito, permitirá un constante monitoreo de la situación atmosférica en la ciudad, esto ante la gran dinámica de procesos meteorológicos que se desarrollan y promueven los numerosos episodios de inestabilidad atmosférica.

Los sistemas de alerta temprana ante episodios de precipitación mejorarán en su estructura y tiempos de emisión, debido a que serán alimentados con información provenientes de los radares de manera permanente, generando un sistema de alerta temprana integrado.

Estos sistemas de alerta temprana integrados, contribuirán efectivamente, a evitar las pérdidas de vidas y disminuir el impacto económico y material en las poblaciones vulnerables afectadas por fenómenos naturales como deslizamientos de tierra, inundaciones, etc.

La información de los radares permitirá identificar un episodio intenso de precipitación que se esté desarrollando y desplazando hacia algún sitio específico de la ciudad. Estos datos se acoplarán a un robusto sistema de alerta temprana desarrollado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) mediante el cual se podrá emitir un pronóstico de corto plazo (Nowcasting) con minutos u horas (1 o 2) de anticipación ante la ocurrencia de intensas lluvias en sectores específicos y así poder diagnosticar una posible inundación. Para este fin se debe habilitar una red pluviométrica que cubra el área de interés de los radares cuyos datos sirvan para validar, corregir y ajustar los modelos de pronóstico y calibración del sistema de radares.

El modelo de Predicción Numérica del Tiempo (PNT) Weather Research and Forecasting (WRF), que actualmente se procesa en el INAMHI, integrará los datos procedentes de los radares para la asimilación de datos y posteriores parametrizaciones físicas, con el fin de obtener una mayor resolución espacio temporal que derivará en mejores predicciones a una mayor escala de tiempo (horas a días).

La mejora de los modelos numéricos del tiempo gracias al acoplamiento de la información de radares, beneficiará a los sectores estratégicos como: Salud, Gestión de Recursos Hídricos, Agricultura, Ganadería, Turismo, Transporte, entre otros.

# ALCANCE DEL PROYECTO

Establecer dentro del D. M. de Quito un Sistema de Alerta Temprana Integral, basado en la información permanente de radares el cual permita a las entidades de prevención adoptar medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas, con el propósito de salvaguardar a la población y mitigar los impactos que deriven de fenómenos naturales adversos.

En un inicio y por un periodo de dos años, la red de radares entrará en un proceso de calibración, verificación y validación de la información, esto antes de que la Dirección de Pronósticos y Alertas del INAMHI integre dicha información en sus sistemas de alerta temprana y en los pronósticos a corto plazo.

La disponibilidad y correcta operación de los radares mejorará los tiempos de emisión de alertas tempranas, así como la identificación de eventos severos puntuales que muchas veces los modelos numéricos no logran identificarlos. Algunos procesos de mejora serán:

Tabla 2 Procesos de Mejora Previstos con la Red de Radares del D.M. de Quito

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PROCESOS** | **SITUACIÓN ACTUAL** | **SITUACIÓN PREVISTA** |
| Certeza de los pronósticos | 60 – 70 % | 80 – 90 % |
| Tiempo de emisión aviso | 1 a 2 horas | 3 a 6 horas |
| Eventos no detectados | 10 – 20 % | 50 – 70 % |

La correcta identificación de los posibles episodios de precipitación dependerá en gran medida la eficaz calibración de los radares, para lo cual se deberá contar con suficiente información de superficie para una adecuada correlación.

# ESPECIFICACIONES DE LAS NECESIDADES TÉCNICAS PARA GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Tabla 3. Lista de productos y servicios a ser considerados para fortalecer y mantener el proyecto a partir del primer año con una reparación completa del sistema, es necesario contar con el personal técnico para realizar las actividades de mantenimiento y desarrollo del modelo de predicción y calibración de la red de radares razón por la cual se consideran dos profesionales en electrónica y física que realizarán esas actividades respectivamente.

Tabla 3 Detalle del primer año del proyecto

| **ITEM** | **DETALLE PRIMER AÑO** | **CANTIDAD** | **COSTO** | **TOTAL** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Discos duros de alto rendimiento 24/7 de 2TB | 6 | $ 100,00 | $ 600,00 |
| 2 | MODULE RF TRANSCEIVER RTR-079A | 3 | $ 17.304,00 | $ 51.912,00 |
| 3 | Motor de antena radar FAR-2127/ MOTOR D8G-516 para 24RPM | 3 | $ 1.370,00 | $ 4.110,00 |
| 4 | MAGNETRON banda x para radar  FAR2127/ MAGNETRON MG5436 | 6 | $ 1.665,00 | $ 9.990,00 |
| 5 | Empaque de tapa de antena de radar FAR-2127/ EMPAQUE 03-001-3263-2 | 12 | $ 50,00 | $ 600,00 |
| 6 | Carbones para motor de antena de radar  FAR-2127/ CARBONES S885026-1A- 61 | 12 | $ 54,00 | $ 648,00 |
| 7 | Repuesto convertidor análogo digital | 3 | $ 22.000,00 | $ 66.000,00 |
| 8 | Contratación de un profesional físico mensual | 12 | $ 1.500,00 | $ 18.000,00 |
| 9 | Contratación de un profesional electrónico mensual | 12 | $ 1.500,00 | $ 18.000,00 |
| 10 | Baterías de UPS | 36 | $ 60,00 | $ 2.160,00 |
| 11 | CPU Comunicación | 3 | $ 1.500,00 | $ 4.500,00 |
| 12 | Workstation Recepción de datos | 1 | $ 6.000,00 | $ 6.000,00 |
| 13 | PAGO MENSUAL DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS | 12 | $ 500,00 | $ 6.000,00 |
| **TOTAL** | | | | **$ 188.520,00** |

Tabla 4. Detalle de cada uno de los próximos cinco años dando sostenibilidad al proyecto donde se considera la contratación de los profesionales, se proyectan los cinco años ya que después de este periodo se deberá decidir un cambio tecnológico para el sistema o su renovación.

Tabla 4. Detalle de cada uno de los próximos años

| **TEM** | **DETALLE CADA UNO DE LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS** | **CANTIDAD** | **COSTO** | **TOTAL** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | MAGNETRON banda x para radar  FAR2127/ MAGNETRON MG5436 | 6 | $ 1.665,00 | $ 9.990,00 |
| 2 | Empaque de tapa de antena de radar  FAR-2127/ EMPAQUE 03-001- 3263-2 | 12 | $ 50,00 | $ 600,00 |
| 3 | Carbones para motor de antena de radar FAR-2127/ CARBONES S885026-1A-61 | 12 | $ 54,00 | $ 648,00 |
| 4 | Contratación de un profesional físico mensual | 12 | $ 1.500,00 | $ 18.000,00 |
| 5 | Contratación de un profesional electrónico mensual | 12 | $ 1.500,00 | $ 18.000,00 |
| 6 | Pago mensual de la transmisión de datos | 12 | $ 500,00 | $ 6.000,00 |
| 7 | Imprevistos | 1 | $ 3.000,00 | $ 3.000,00 |
| **TOTAL** | | | | **$ 56.238,00** |

En las tablas 5 y 6 se detallan la inversión que se debe realizar en cada uno de los radares para lo que queda del presente año, por temas financieros y administrativos se plantea la eliminación del personal técnico planificado inicialmente dando como alternativa la colaboración de técnicos de instituciones interesadas en el tema. Se calcula que para rehabilitar el sistema de radares tomando en cuenta únicamente los radares TROJE y MONJAS por los temas ya descritos las instituciones cooperantes deben invertir un monto de $43.834,00 sin incluir impuestos.

En el caso de los repuestos se especificarán los detalles para cada equipo en los TDR, donde el proveedor garantizará la compatibilidad del mismo en caso de ofrecer un alterno. Se adjuntarán con los TDRS las proformas y listas de precios de empresas proveedoras de los equipos.

Tabla 5. Detalle de inversión para el radar TROJE el primer año

| **ITEM** | **DETALLE INVERSIÓN TROJE PRIMER AÑO** | **CANTIDAD** | **COSTO** | **TOTAL** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Discos duros de alto rendimiento 24/7 de 2TB | 2 | $ 100,00 | $ 200,00 |
| 2 | Module RF TRANSCEIVER RTR-079A | 1 | $ 17.304,00 | $ 17.304,00 |
| 3 | MAGNETRON banda x para radar  FAR2127/ MAGNETRON MG5436 | 1 | $ 1.665,00 | $ 1.665,00 |
| 4 | Empaque de tapa de antena de radar  FAR-2127/ EMPAQUE 03-001-3263-2 | 2 | $ 50,00 | $ 100,00 |
| 5 | Carbones para motor de antena de radar  FAR-2127/ CARBONES S885026-1A- 61 | 2 | $ 54,00 | $ 108,00 |
| 6 | Pago mensual de la transmisión de datos | 6 | $ 170,00 | $ 1.020,00 |
| 7 | Baterías de UPS | 12 | $ 60,00 | $ 720,00 |
| 8 | Imprevistos | 1 | $ 1.000,00 | $ 1.000,00 |
| **TOTAL** | | | | **$ 21.917,00** |

Tabla 6. Detalle de inversión para el radar MONJAS el primer año

| **ITEM** | **DETALLE INVERSIÓN MONJAS PRIMER AÑO** | **CANTIDAD** | **COSTO** | **TOTAL** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Discos duros de alto rendimiento 24/7 de 2tb | 2 | $ 100,00 | $ 200,00 |
| 2 | Module RF TRANSCEIVER RTR-079A | 1 | $ 17.304,00 | $ 17.304,00 |
| 3 | MAGNETRON banda x para radar  FAR2127/ MAGNETRON MG5436 | 1 | $ 1.665,00 | $ 1.665,00 |
| 4 | Empaque de tapa de antena de radar  FAR-2127/ EMPAQUE 03-001-3263-2 | 2 | $ 50,00 | $ 100,00 |
| 5 | Carbones para motor de antena de radar FAR-2127/ CARBONES S885026-1A- 61 | 2 | $ 54,00 | $ 108,00 |
| 6 | Pago mensual de la transmisión de datos | 6 | $ 170,00 | $ 1.020,00 |
| 7 | Baterías de UPS | 12 | $ 60,00 | $ 720,00 |
| 8 | Imprevistos | 1 | $ 1.000,00 | $ 1.000,00 |
| **TOTAL** | | | | **$ 21.917,00** |

Para el proceso de obtención, almacenamiento y procesamiento de la información obtenida de radares meteorológicos, se requiere de un servidor de por lo menos un procesador de 12 núcleos porque se pretende trabajar con imágenes y el procesamiento o posprocesamiento que se pretenda realizar será de alto consumo de recursos, adicionalmente debe contar con por lo menos 64 GB de memoria RAM para poder procesar y mostrar las imágenes en tiempo real. El costo aproximado de un servidor de estas características es de 12000 dólares americanos. Con esto se garantiza el correcto procesamiento de las imágenes de por lo menos 3 años.

Para garantizar el almacenamiento correcto de las imágenes durante por lo menos 3 años es necesario contar con un servidor dedicado de almacenamiento con por lo menos 6 TB de capacidad con la posibilidad de extender el almacenamiento, este equipo actualmente tendría un costo aproximado de 15000 Dólares Americanos.

Cabe señalar de manera importante que las instalaciones que actualmente posee el INAMHI, son de considerable antigüedad y necesitan urgentemente ser intervenidas para que puedan albergar más equipos.

No existe ninguna plataforma de visualización orientada a alertas tempranas y la aplicación existente únicamente muestra una imagen sobre el mapa no tienen ninguna orientación geográfica ni de valores cuantitativos. Para este caso se debe considerar el desarrollo de una plataforma a medida y el tiempo o costo estarán en dependencia directa de las características o funcionalidades que se requieran.

Se debe considerar un costo aproximado por los dos servidores de 2000 dólares americanos al año para mantenimiento preventivos y correctivos, sin embargo, el costo de repuestos, conexiones y cualquier tipo de mantenimiento del equipo radar en si debe ser coordinado con la Dirección de la Red de Observación Hidrometeorológica.

# CONCLUSIONES

* El mantenimiento del sistema de alerta temprana debe ser sostenido en el tiempo y constante, debiendo evolucionar para que pueda ajustarse a necesidades y condiciones futuras de desarrollo en la ciudad.
* La utilización de los datos del radar facilitará que las autoridades y organismos pertinentes puedan tener una intervención rápida y oportuna ante el desarrollo de eventos intensos de precipitación.
* La correcta operatividad y periódica calibración de los radares, fortalecerá el grado de eficacia de los pronósticos logrando previsiones a una menor escala espacial.

# RECOMENDACIONES

* Realizar los trámites pertinentes para el desarrollo de un Sistema de Información Hidrometeorológica, aplicado en un software de código abierto, para el monitoreo de las estaciones automáticas, control del metadato de instalación y mantenimiento, el control de calidad de la información y su procesamiento. El sistema incorporaría las últimas recomendaciones de la OMM, en control de calidad de datos, telecomunicaciones, procesamiento, etc.
* Es fundamental un trabajo integrado y planificado entre las diferentes direcciones del INAMHI, ya que el presente proyecto podría ser utilizado como piloto en otras regiones del país dependiendo en grado de eficacia en sus objetivos previstos.
* En un futuro cercano sería primordial crear una Red Integral de Radares en el territorio nacional, el cual permita mantener la vigilancia permanente de las condiciones atmosféricas. Los sistemas atmosféricos y su incidencia en las diferentes regiones del país se podrían ir monitoreando en cada estación lluviosa, puesto que a través de la información de radar se podrá detectar las zonas con alto potencial de agua precipitable.
* Crear proyectos enfocados a la adquisición de nueva tecnología - Radares Meteorológicos, equipados con la infraestructura necesaria para una eficaz operación en las diferentes regiones del país.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elaborado por:** | **Elaborado por:** | **Revisado por:** |
| *Ing. Vladimir Arreaga*  *ESPECIALISTA EN PRONÓSTICOS Y ALERTAS HIDROMETEOROLÓGICAS* | *Ing. Raúl Parra*  *ASISTENTE EN PRONÓSTICOS Y ALERTAS HIDROMETEOROLÓGICAS* | *Ing. Esteban Rodríguez*  *DIRECTOR DE PRONÓSTICOS Y ALERTAS HIDROMETEOROLÓGICAS* |