

**LECCIONES APRENDIDAS PROYECTO SISTEMA DE ALERTAS  
TEMPRANAS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN Y EL VALLE DE  
ABURRÁ - SIATA**

MARTHA LYA MEJÍA CHAVARRIAGA

**ASESORES**

GEOVANY BEDOYA SAN MIGUEL

LUZ JEANNETTE MEJÍA CHAVARRIAGA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

MAYO DE 2016

MEDELLÍN



## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	1
1 SITUACIÓN EN ESTUDIO – PROBLEMA.....	3
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo general .....	12
2.2 Objetivos específicos .....	12
3 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL .....	13
3.1 Gestión del conocimiento .....	13
3.2 Lecciones aprendidas. ....	16
4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO EN TÉRMINOS DE LA MGP .	22
5 MÉTODO DE SOLUCIÓN .....	23
6 RESEÑA HISTÓRICA.....	24
6.1 Redes.....	25
6.2 Alertas.....	31
6.3 Equipo de trabajo .....	34
7 HALLAZGOS .....	36
7.1 Revisión documental.....	36
7.2 Entrevista a expertos.....	42
8 LECCIONES APRENDIDAS.....	46
8.1 Formato de recolección.....	46
8.2 Identificación de las lecciones aprendidas SIATA.....	48
8.3 Análisis lecciones aprendidas SIATA.....	54

9	CONCLUSIONES .....	57
10	RECOMENDACIONES .....	60
10.1	Metodología propuesta	
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
12	ANEXOS .....	70

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Imagen 1. Ceilómetro* .....	27
Imagen 2. Radiómetro .....	30
Imagen 3. Radar meteorológico .....	30
Imagen 4. Radar perfilador de viento .....	31
Imagen 5. Geoportal.....	32
Imagen 6. Aplicativo móvil.....	33

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Modelo propuesto para la gestión de las lecciones aprendidas .....	61

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Contratos y convenios desde 2006 hasta 2016 .....	37
Tabla 2. Comparación redes al inicio versus la actualidad .....	39

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ítem por período de ejecución
Cuadro 2. Lista de entrevistados
Cuadro 3. Lecciones aprendidas del proyecto SIATA

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1. Formato entrevista a expertos

ANEXO 2. Formato para registro de lecciones aprendidas

ANEXO 3. Registro lecciones aprendidas SIATA

### ***Resumen***

Aprender de la experiencia de proyectos anteriores contribuye a disminuir los riesgos, evitar problemas ya identificados y reutilizar las buenas prácticas para reducir el número de proyectos no exitosos. El objetivo de esta investigación es el de documentar las lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto: Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, con el fin de consolidar una base de conocimiento para ser revisada y estudiada en futuras ocasiones.

### ***Palabras clave***

Sistema de alerta temprana, gestión del riesgo, lecciones aprendidas, gestión de conocimiento y gestión de proyectos.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de investigación se enfoca en documentar las lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto: Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, ejecutado por la Universidad EAFIT con recursos de la Alcaldía de Medellín y del Área Metropolitana.

Las lecciones aprendidas son un activo intangible de las empresas y su documentación permite visualizar los errores del pasado y mejorar el trabajo

futuro. Aprender de la experiencia de proyectos anteriores contribuye a disminuir los riesgos, evitar problemas ya identificados y reutilizar las buenas prácticas para reducir el número de proyectos no exitosos.

Para la identificación de la esencia del problema de esta investigación se diseñó una guía como base para la realización de entrevistas a los actores principales del proyecto, posterior a la revisión de la información secundaria.

Como resultado de este proyecto se entrega a la Universidad EAFIT un documento con las lecciones aprendidas identificadas durante la ejecución del proyecto con el fin de consolidar una base de conocimiento para ser revisada y estudiada en futuras ocasiones.

La documentación de las lecciones aprendidas fue el resultado de las conclusiones, evaluaciones y diagnósticos a los que se llegó durante la ejecución del proyecto. Se clasificaron de acuerdo con los procesos en lo que se identificaron y quedaron plasmadas como notas de conocimientos, las cuales se estructuraron a través de:

- Antecedentes
- Descripción de las lecciones aprendidas
- Recomendaciones
- Referencias

## 1 SITUACIÓN EN ESTUDIO – PROBLEMA

El Plan de Desarrollo Nacional (2010-2014) “Prosperidad para todos”, en su Capítulo VI “Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo”, contempla la gestión del riesgo como parte fundamental de la sostenibilidad y propone como una de las estrategias para la gestión integral de los recursos hídricos mejorar el conocimiento de la oferta y la demanda mediante: 1) Adopción de una estrategia institucional y financiera que oriente el desarrollo de las redes hidrológicas, meteorológicas y oceanográficas para la producción de información de calidad, con participación permanente de los usuarios; 2) Fortalecimiento de la generación de información y el conocimiento para la planificación y la gestión integral del agua, con énfasis en el ordenamiento de cuencas y acuíferos; 3) Mejoramiento de los sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua a través de la optimización de la red de monitoreo y fortalecimiento del programa de acreditación de laboratorios ambientales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y 4) Mejoramiento del sistema de información del recurso hídrico, como componente del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). En los aspectos de prevención del riesgo se proponen, entre otros: 1) Formular políticas públicas estratégicas para el país en gestión del riesgo; 2) Mejorar la capacidad técnica de las entidades territoriales y Corporaciones Autónomas Regionales en gestión del riesgo a través de programas de asistencia; 3) Incorporación del riesgo en Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), Planes de Gestión Ambiental Regional (PGAR) y reducción de riesgo por desabastecimiento de agua potable a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y 4) Ampliar, por parte del IDEAM y el Ingeominas, hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC), las redes de monitoreo y alerta temprana y actualizar los mapas de amenaza a escalas regionales y locales.

Desde el año 1989 las obligaciones legales de los municipios en materia de atención y prevención de desastres (decreto 919 de 1989) exigen que esta

variable sea incluida en los POT, y en los Planes de Desarrollo locales, con el fin de fortalecer la prevención y reducir los riesgos de la población. De igual manera, los Planes de Desarrollo Departamentales deben generar acciones para el fortalecimiento de la capacidad de respuesta de los Comités Locales para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres de las alcaldías municipales, (CLOPAD)<sup>1</sup> a través de asistencia técnica y capacitación en gestión de riesgo. La ley 1523 de abril de 2012 considera la gestión del riesgo de desastres como “un proceso social” que tiene como propósito “contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible [...] está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población”. El artículo segundo de esta ley establece que: “...La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano”. La ley establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) definido como “el conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, así como la información atinente a la temática, que se aplica de manera organizada para garantizar la gestión del riesgo en el país”.

Para su implementación son imprescindibles: 1) El conocimiento científico especializado relacionado con los fenómenos que producen las situaciones de riesgo; 2) Conocer su comportamiento espacial y temporal mediante la modelación hidrológica y la interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas y la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG); 3) Analizar e identificar las señales precursoras que indiquen la probabilidad de ocurrencia del evento, lo que por lo general se logra mediante la instrumentación del área de influencia de la zona de riesgo; 4) La capacitación de la población que se encuentra en la zona sobre la importancia del Sistema de Alerta Temprana (SAT) y 5) Un buen sistema

---

<sup>1</sup> Hoy llamados consejos municipales.

de radiocomunicación, elemento importante especialmente en las poblaciones rurales distantes donde la comunicación no es fácil y rápida.

Adoptando el decreto 919 de 1989 el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA),<sup>2</sup> la Alcaldía de Medellín (en cabeza del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo (DAGR<sup>3</sup>)) y entidades no gubernamentales como Empresas Públicas de Medellín (EPM) e ISAGEN,<sup>4</sup> formularon e implementaron un proyecto de investigación y de innovación y desarrollo de tecnologías enmarcado en el contexto de riesgos asociados a amenazas naturales, sostenibilidad y desarrollo de ciudades inteligentes llamado Sistema de Alerta Temprana de Medellín y del Valle de Aburrá (SIATA), el cual constituye una de las principales estrategias de gestión de riesgo con las que cuenta la región, siendo un proyecto de características únicas en el país (Plan de gestión Pura Vida, Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2012-2015))

La Universidad EAFIT hace parte de esta iniciativa como operador del proyecto. SIATA inicia en la Alcaldía de Medellín como un proyecto de tesis de pregrado y a partir del 2009 logra consolidarse como una red de monitoreo con la firma de un convenio de asociación entre el Municipio de Medellín y la Universidad EAFIT. En el 2010 el AMVA entra a hacer parte como líder del proyecto y SIATA se posiciona como un proyecto de investigación y desarrollo con la firma de un Contrato de Ciencia y Tecnología entre el AMVA, el Municipio de Medellín y la Universidad EAFIT. Es en este punto donde se logra un salto tecnológico con el desarrollo de herramientas de telemetría que permiten el monitoreo en tiempo real de las

---

<sup>2</sup> Entidad administrativa de derecho público que asocia a nueve de los diez municipios que conforman el Valle de Aburrá. En la actualidad está integrada por los municipios de Medellín, Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Itagüí, La Estrella, Sabaneta y Caldas. El municipio de Envigado no es miembro actual de la entidad, ya que se excluyó el 28 de febrero de 1983 mediante fallo del Consejo de Estado.

<sup>3</sup> Llamando anteriormente Sistema Municipal de Atención y Prevención de Desastres (SIMPAD).

<sup>4</sup> Empresa colombiana dedicada a la generación de energía, la comercialización de soluciones energéticas y el desarrollo de proyectos de generación, vinculada al Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

condiciones hidrometeorológicas y el desarrollo de herramientas para el despliegue y la disseminación de la información de las redes. Adicionalmente, en el 2011 se firma el Convenio Marco entre el AMVA y las entidades EPM e ISAGEN. En el 2012 se firma nuevamente un Contrato de Ciencia y Tecnología el cual tiene vigencia hasta febrero de 2014 (“Desarrollos científicos y tecnológicos para la operación de las Redes de Monitoreo ambiental del Valle de Aburrá –SIATA– como instrumento para el conocimiento, manejo y reducción de emergencias y desastres”, 2015).

Medellín hace parte del AMVA con una población estimada en 3,4 millones de habitantes, donde el 95% corresponde a población urbana localizada en tan sólo el 26% del área de los municipios que lo conforman (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), 2005). El Valle de Aburrá se encuentra ubicado en el departamento de Antioquia, en la Región Andina de Colombia, lo que hace que las condiciones físicas y geomorfológicas combinadas con las características climáticas y meteorológicas de la zona y el acelerado crecimiento de la población se conviertan en un reto para la gestión de riesgos asociados a eventos naturales (Aristizábal, 2008). El crecimiento de la población ha sido extremadamente acelerado; en un siglo la población del valle se multiplicó por 32, de 103.305 personas en el año 1905 se incrementó a 3.317.166 en el 2005.

Según Crosta y Frattini (2008) los fenómenos naturales tienen múltiples causas, tales como la geología, la morfología o los aspectos físicos y humanos, lo que exige una mirada interdisciplinaria desde diferentes campos como la geología, la mecánica de suelos, la hidrología y la geomorfología.

Históricamente algunos de los eventos de mayor impacto ocurridos han sido el deslizamiento de Villatina en 1987 con más de 500 muertos, el deslizamiento del barrio El Socorro, con un saldo de 27 muertos, y recientemente el deslizamiento del barrio La Gabriela en el municipio de Bello en diciembre de 2010, que dejó un total de 85 personas fallecidas (Aristizábal y Gómez, 2007). Sólo en Medellín

existe un total de 29.174 hogares localizados en zonas de alto riesgo no recuperable, equivalente a 112.697 personas, lo que significa el 4,9% del total de los hogares y el 5% de los habitantes del municipio (“Identificación y caracterización socioeconómica y geotécnica de las zonas de alto riesgo no recuperable de la ciudad de Medellín y formulación del plan integral para la gestión del riesgo. Informe Interno Municipio de Medellín – Corantioquia”, 2005). Para el resto de municipios del valle de Aburrá estudios recientes han establecido un total de 17.593 viviendas en zonas de alto riesgo, las cuales corresponden a 61.687 personas (“Mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el valle de Aburrá. Informe Interno Área Metropolitana del Valle de Aburrá”, 2009).

El análisis de la recurrencia temporal de las catástrofes naturales ha demostrado que las afectaciones generadas presentan una frecuencia mayor que la capacidad de recuperación que tienen la sociedad y la economía, por lo que los nuevos enfoques se han centrado en el desarrollo e implementación de sistemas de alerta temprana y regulación de suelos que minimicen la pérdida de vidas humanas e infraestructura (Guzzetti, Peruccacci y Rossi, 2005).

En los últimos años el Municipio de Medellín y el Área Metropolitana han continuado con el esfuerzo para impulsar la creación, sostenimiento, desarrollo y fortalecimiento técnico, científico y social del SIATA y su región vecina. El Área Metropolitana firmó en diciembre de 2011 un Convenio Marco junto con EPM e ISAGEN aunando esfuerzos técnicos y logísticos para la implementación, operación y mantenimiento del SIATA con el fin de propiciar acciones tendientes al mejor conocimiento en el área de gestión del riesgo.

Arattano y Marchi (2008) clasifican los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en dos clases principales: sistemas de alertas anticipadas y sistemas de alertas del evento. Los sistemas de alerta anticipada predicen un evento antes de su ocurrencia, monitorizando las condiciones precedentes. En tanto que los sistemas

de alerta del evento detectan el evento cuando ya ha ocurrido y generan una alarma. Los SAT son sistemas diseñados y puestos en funcionamiento para avisar a la población de la proximidad de un evento y hacerla de forma inmediata mucho menos vulnerable (Villagrán, 2006).

Aunque el SAT se utiliza desde mediados del año 2008, la validación del sistema y ajuste del modelo fue realizado de acuerdo con los eventos que fueron reportados diariamente al número único de seguridad y emergencia 123, desde el 1 de enero de 2004 al 31 de agosto de 2009 en la ciudad de Medellín. Para su implementación se acogieron los umbrales definidos por Moreno, Vélez, Montoya y Rhenals (2006) para todo el departamento de Antioquia.

La determinación de este tipo de umbrales críticos, también denominados empíricos y seguimiento en tiempo real, han sido aplicados en los últimos años alrededor del mundo como parte integral y fundamental de los SAT. Los umbrales se definen como el mínimo o máximo nivel crítico de alguna cantidad necesaria para que un proceso ocurra (Reichenbach, Cardinalli, De Vitta & Guzzetti, 1998).

El SIATA tiene como objetivo integrador generar alertas oportunas y anticipadas para los organismos de atención y prevención de desastres y para la comunidad vulnerable ante la probabilidad de ocurrencia de condiciones hidrometeorológicas extremas en el Valle de Aburrá que amenacen la vida de la población, la vivienda y, en general, que atenten contra la calidad de vida. Dicho objetivo se logra mediante la ejecución de tres macrotareas fundamentales: el monitoreo ininterrumpido y en tiempo real de las variables hidrológicas, meteorológicas y de suelos asociadas a tormentas extremas; el desarrollo de modelos numéricos de pronóstico meteorológico e hidrológico que permitan la generación de alertas extendidas y la difusión multicanal de la información a todo el público objetivo. Las macrotareas del proyecto se han implementado desde la filosofía de desarrollo local partiendo del talento propio para lograr la generación y potenciación de capacidades que permitan la creación de tecnologías de alta calidad, versátiles y

de bajo costo adaptadas a las necesidades regionales, y que a su vez se puedan implementar en otras regiones con necesidades similares que incluyen no sólo a Colombia, sino a una gran parte de Centroamérica y Suramérica. En el proyecto todo el desarrollo se ha generado mediante el trabajo interdisciplinario directo reuniendo desarrollos en diferentes áreas, incluyendo meteorología, hidrología, electrónica y control, desarrollo de software, telecomunicaciones y educación. El SIATA monitorea constantemente las variables atmosféricas, las cuencas y las laderas de la región a través de la Red pluviométrica,<sup>5</sup> la Red meteorológica,<sup>6</sup> la Red de sensores de nivel,<sup>7</sup> la Red de humedad del suelo y la Red acelerográfica.<sup>8</sup> Todas ellas operan en tiempo real gracias a los desarrollos propios de telemetría realizados por el equipo de trabajo del proyecto. Adicionalmente, el SIATA opera un radar meteorológico y un radiómetro<sup>9</sup> microondas para los cuales se han desarrollado herramientas de análisis y de diseminación de la información que permiten que esta se actualice de manera automática y en tiempo real, en [www.siata.gov.co](http://www.siata.gov.co), y se comparta a través de diferentes redes sociales, siendo Twitter y Youtube las herramientas que han logrado llegar a la comunidad de manera directa. La información se comparte también con diferentes grupos de la comunidad y diferentes actores vía grupos de WhatsApp. Gracias a las redes de monitoreo y a los desarrollos en software que incluyen la asimilación y diseminación de información y calidad de datos, se emiten alertas certeras y en tiempo real a la comunidad y a las entidades de atención de emergencias de Medellín y el Valle de Aburrá con el objetivo primordial de preservar en cuanto sea posible la vida, la salud y el bienestar de la población en riesgo. Las alertas se distribuyen también digitalmente vía correo electrónico y mensajes de texto a

---

<sup>5</sup> Mide la precipitación líquida (la lluvia) durante un período determinado de tiempo.

<sup>6</sup> Mide las variables meteorológicas.

<sup>7</sup> Miden el nivel del río Medellín.

<sup>8</sup> Mide la aceleración del suelo durante los sismos.

<sup>9</sup> Encargado de monitorear la estructura vertical de la atmósfera midiendo variables como temperatura, humedad y cantidad de agua.

celulares. Es así que el proyecto se concentra en el monitoreo y desarrollo de modelos de pronóstico del estado del tiempo, la variabilidad climática en tiempo real y la creación de bases de datos robustas de largo plazo para estudios de cambio climático y, en particular, el aumento de los eventos extremos. Esta estrategia científico-tecnológica-social permite hacer frente a diferentes amenazas asociadas a factores hidroclimáticos como las inundaciones lentas y súbitas, los movimientos en masa, las avenidas torrenciales, los vendavales, los incendios forestales, las temporadas de calor y frío extremo, entre otros, manteniendo a la comunidad enterada permanentemente mediante diferentes estrategias de comunicación y diseminación de información digital, y participando activamente como actor directo en la gestión de riesgo y del desarrollo mismo de las herramientas de diseminación mediante la interacción en las redes sociales.

El SIATA es un proyecto que estuvo alejado de los procesos comunicativos desde sus inicios, si bien se llevaban a cabo procesos de difusión web y generación de boletines todo esto se hacía desde una perspectiva técnica y por personas que tenían otras prioridades en su diario quehacer. A inicios del año 2011 el proyecto comenzó a estructurar su labor comunicativa de manera integral y continua con el fin de garantizar una permanencia estratégica en el contexto informativo y multimedial de la ciudad. Cuando en el 2004 nació el SIATA este se constituyó sobre las bases de la necesidad de conocer y monitorear los procesos meteorológicos del Valle de Aburrá. Con el tiempo se fue creando una necesidad que requiere el apoyo y la planeación desde el área comunicacional ya que no sólo comprende el establecimiento de un protocolo de respuesta ante las alertas generadas, sino que también implica una organización estratégica de los procesos técnicos del SIATA en función de los requerimientos comunicativos y mediáticos que un sistema siempre en desarrollo comienza a evidenciar. Para que un proyecto de esta naturaleza sea realmente un sistema de alerta temprana requiere un componente social, educativo y colaborativo que debe estructurarse desde las bases de la comunicación. Es la comunidad la que debe apropiarse del sistema

para poder usarlo en el momento en que así las condiciones lo requieran. Esta apropiación sólo se da desde un conocimiento estructural del sistema: qué hace el SIATA, quiénes lo integran, dónde opera, y más importante aún, cómo funciona. Todos estos interrogantes comienzan a resolverse desde la implementación de un trabajo comunicativo y educativo permanente que opera en una primera fase de disseminación de la información, acercando el sistema a los colegios, estableciendo boletines de prensa, para tener presencia en medios, y brindando capacitaciones a diferentes grupos de la ciudad, como los CUIDÁ del Área Metropolitana y los Consejos Municipales de Gestión del Riesgo (CMGR). Las labores comunicativas que se han encauzado desde el SIATA han estado enmarcadas desde cuatro vertientes importantes: la digital, la educativa, la corporativa y de difusión y la interinstitucional. La estrategia comunicativa ha estado siempre soportada sobre las bases de una información clara y honesta que evoluciona con el pasar de los días. La evolución del SIATA no se hace visible solamente en la densificación de sus redes de monitoreo y la tecnificación de sus equipos, sino en las dinámicas sociales y comunicativas que su desarrollo ha propiciado. La forma en que el sistema entrega a la ciudadanía la información ha cambiado y se adapta a las nuevas dinámicas sociales del contexto.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Documentar las lecciones aprendidas del Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, con el fin de consolidar una base de conocimiento para ser revisada y estudiada en futuras ocasiones.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar las lecciones aprendidas del Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, desde su inicio hasta el convenio en vigencia.
- Clasificar las lecciones aprendidas de acuerdo al proceso al cual pertenecen dentro de la ejecución del Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA.

### 3 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL

#### 3.1 Gestión del Conocimiento

En los últimos años, en el ámbito de la llamada economía del conocimiento, la Gestión del Conocimiento (GC) se ha convertido en uno de los principales temas de investigación y en el paradigma de gestión por excelencia, en el campo de la organización y gestión de instituciones empresariales (Rodríguez, 2006).

La GC es:

El conjunto de procesos y sistemas que permiten que el Capital Intelectual de una organización aumente de forma significativa mediante la gestión de sus capacidades de resolución de problemas de forma eficiente (en el menor espacio de tiempo posible), con el objetivo final de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo ("Gestión de conocimiento", 2007).

La GC ofrece a las organizaciones estrategias, técnicas y herramientas para aplicar a sus procesos de negocio (Wickramasinghe, 2006); de esta forma pueden crear, valorar, preservar y transferir el conocimiento crítico de su operación. La GC es un mecanismo habilitador clave en las empresas, si es aplicada adecuadamente a los procesos, condiciones y habilidades de la organización, para mantener y mejorar su ventaja competitiva (Owen & Burstein, 2005).

Todas las organizaciones saludables generan y usan el conocimiento a medida que las organizaciones interactúan con los entornos, absorben información, la convierten y llevan a cabo acciones sobre la base de la combinación de ese conocimiento, sus experiencias, valores y normas internas (Davenport, 2001).

El conocimiento reside en la mente de las personas, son ellos quienes crean, reconocen, archivan y aplican el conocimiento para desarrollar sus tareas (Gottschalk, 2007). Por esta razón, en las diferentes propuestas para la GC siempre se encuentra parte del enfoque orientado a las personas, con prácticas que apoyan el aprendizaje individual, grupal y organizacional; en algunas tienen

presentes las relaciones interorganizacionales con proveedores, clientes y otros interesados (Wiig, 2000).

La aparición y creciente importancia del conocimiento como un nuevo factor de producción hace que el desarrollo de tecnologías, metodologías y estrategias para su medición, creación y difusión se convierta en una de las principales prioridades de las organizaciones en la sociedad del conocimiento. Sin embargo, también es importante considerar que ha sido precisamente el crecimiento lo que ha convertido el conocimiento en un elemento indispensable para el desarrollo económico y social.

La aparición y el desarrollo de los sistemas para la creación de la GC se deben a las siguientes razones (Measuring Knowledge Management in the Business (OECD), 2003):

- El sistema socioeconómico. Tras la Segunda Guerra Mundial la humanidad se ha dirigido hacia cambios que permiten el desarrollo y la demanda de productos y servicios basados en el conocimiento.
- La aparición y el desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que facilitan enormemente el almacenamiento y la difusión de datos e información, así como la comunicación entre personas.
- La creciente importancia del conocimiento como base para el efectivo organizacional.
- El “fracaso” de los modelos financieros tradicionales para valorar el conocimiento.
- El desarrollo de sistemas, modelos e indicadores para la medición del conocimiento en las organizaciones.
- Los cambios acelerados y el aumento de la competitividad entre las organizaciones, que conlleva la necesidad de desarrollar estrategias de formación continua.

Según la Guía PMBOK, las relaciones entre grupos de procesos y las interacciones entre las fases del proyecto establecen el flujo de la información y sus relaciones. El conocimiento está presente durante las diferentes fases, grupos de procesos y áreas de conocimiento, estos son:

- En el área de planeación, cuando se emplea el concepto de “información histórica” o de “activos de procesos”.<sup>10</sup>
- En la fase de “control y cierre” del proyecto, mediante el concepto de “lecciones aprendidas”, donde se habla de la información aprendida producto del desempeño en otros proyectos (lo positivo o negativo) y que puede ser utilizada como referencia para actividades posteriores del mismo proyecto o de proyectos futuros.
- Se menciona dentro de la información relevante del entorno a los “factores ambientales de la empresa”, tanto en forma de resultado como de datos. Pueden ser cultura organizacional, normas, especificaciones, políticas organizacionales, de personal, requisitos legales, condiciones del mercado, entre otros.
- El proceso de generación de los entregables del proyecto que producen información que se transforma en conocimiento adquirido. La interacción entre los miembros y las actividades realizadas para la solución de problemas enfrentados para su obtención son fuente importante de conocimiento.

Las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos que podrían generar información para la GC son:

- Experiencia: es el conocimiento que se adquiere mediante la práctica y es aportada por cada una de las personas que conforman el equipo del proyecto.

---

<sup>10</sup> Se refiere al conocimiento adquirido en proyectos anteriores.

- Contexto: es toda la información relativa al entorno o a los factores que afectan a esa información.
- Interpretación: es la explicación adecuada de la información.
- Reflexión: es el producto del proceso de análisis y la síntesis que culmina en la toma de decisiones y acciones (De los Reyes y Sánchez, 2007).

El fin último de la GC es permitir que éste sea compartido para ser utilizado, y la mejor forma de hacer esto es exteriorizándolo, plasmándolo en un medio que lo haga accesible a sus usuarios, creando documentos, pues la relación entre información y conocimiento en un soporte es igual al concepto documento. Luego, también, es clave en la GC la gestión documental (Fernández-Marcial, 2006, p. 59).

### 3.2 Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas son un tipo de información que representa conocimiento para un proceso o función particular del negocio (Gottschalk, 2007). De acuerdo al PMBOK es lo que se aprende en el proceso de realización del proyecto; pueden identificarse en cualquier momento y son consideradas un registro del proyecto que se debe incluir en la base de conocimientos de lecciones aprendidas (*Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*, 2008). Las lecciones aprendidas identifican las buenas prácticas y promueven su aplicación en nuevas oportunidades. También previenen la repetición de errores (Harrison, 2003).

Las lecciones aprendidas son muy citadas a lo largo de la Guía del PMBOK®, hasta el punto de que las encontramos tan frecuentemente que nos resultan naturales y por eso no les prestamos la suficiente atención.

Algunos números de las lecciones aprendidas:

- Participan en al menos el 60% de los procesos
- Están presentes en todos los grupos de procesos
- Forman parte de todas las áreas de conocimiento

Las vemos en los activos de los procesos de la organización, en los registros históricos de los proyectos, en las bases de conocimientos de lecciones aprendidas y citadas en numerosas ocasiones a lo largo de la guía.

Según la definición del glosario lecciones aprendidas significa “lo que se aprende en el proceso de realización del proyecto. Pueden identificarse en cualquier momento”.

Pero en la mayoría de los proyectos pasan por alto este momento especial de aprendizaje.

La gestión de lecciones aprendidas debe construir un puente entre las personas que poseen y adquieren experiencias y las personas que se pueden beneficiar de ellas. En este sentido, se deben identificar claramente las situaciones en las cuales esa experiencia es ganada y aquellas en las cuales es requerida. Esto genera múltiples beneficios porque ayuda a que los equipos de proyecto identifiquen soluciones y buenas prácticas a partir de situaciones (soluciones o problemas) anteriores, así como también que detecten situaciones problemáticas de forma temprana (Birk & Tautz, 1998).

Las lecciones aprendidas, formales e informales, son un importante método para la creación de conocimiento. Las lecciones aprendidas formales normalmente se *externalizan* al final de una fase o en la terminación de un proyecto por medio de talleres en los cuales se identifican las acciones excelentes o los problemas y la forma de resolverlos; las lecciones son documentadas y se almacenan para que estén disponibles para uso futuro (Owen & Burstein, 2005). Las lecciones aprendidas informales se *socializan* a lo largo del proyecto en las reuniones o

talleres en las que los miembros del equipo de proyecto comparten sus experiencias y resuelven problemas (Owen & Burstein, 2005).

Para que las lecciones aprendidas sean efectivas deben estar disponibles para una fácil búsqueda y recuperación; además, cuando se generen o actualicen deben ser notificadas a las personas que puedan estar interesadas en la temática operación (Owen & Burstein, 2005).

De acuerdo al Project Management Institute (PMI) las lecciones aprendidas se documentan y distribuyen para que pasen a formar parte de la base corporativa de conocimiento tanto del proyecto como de la organización PMI.

Las lecciones aprendidas deben ser filtradas porque de esta forma se puede descartar lo que tiene poca relevancia o lo que ya hace parte de la memoria organizacional (Birk & Tautz, 1998). Para determinar la relevancia y calidad de las lecciones aprendidas estas deben cumplir las siguientes características:

- Implementada: la práctica o situación de la lección aprendida debe ser real y haber sido ejecutada; de esta forma se evitan las especulaciones y se valida que esa lección ha funcionado anteriormente (Harrison, 2003).
- Aplicable: debe contener la información suficiente y mínima que permita determinar el contexto y las condiciones en las cuales puede ser aplicada nuevamente y las acciones que se puedan tomar, aún en otras circunstancias (Harrison, 2003).
- Válida: la contribución de la lección aprendida debe tener un impacto significativo y ser técnicamente correcta (Harrison, 2003).

Entre los beneficios que se citan por identificar y consolidar las lecciones aprendidas se encuentran (Saladis & Kerzner, 2009):

- Optimización de recursos
- Evitar sobrecostos

- Aprovechamiento de la experiencia
- Recopilación de información que habitualmente no se registra en bases de datos, sino que queda en la mente de los actores
- Tener más tiempo para atender otros asuntos o sencillamente para estar más tiempo con la familia
- Brindar seguridad y orientación a la hora de dirigir un proyecto

El propósito de este paso es el de remover lo que no funcionó, lo que sí y por qué; antes de que el equipo se disuelva y el proyecto se convierta en historia su meta es ayudar a la organización (Russell, 2005):

- Aprenda de cualquier decisión pobre, acciones inadecuadas o errores y también de las buenas decisiones tomadas y de las acciones eficaces tomadas.
- Aprenda del uso apropiado y eficiente de técnicas y de herramientas.
- Enfóquese en tendencias y áreas con potencial a la mejora.

Los conocimientos y experiencias de los equipos de proyectos constituyen un valioso activo para las organizaciones que buscan mejorar sus prácticas y ser exitosas en nuevos proyectos. Un estudio realizado por Alan Murphy y Ann Ledwith, a través de un cuestionario enviado a 200 pequeñas y medianas empresas de alta tecnología en Irlanda, muestra que 4,18 (siendo 5 el mayor valor) apoya la afirmación que experiencias previas son un factor clave para dirigir un proyecto (Murphy & Ledwith, 2007). Sin embargo, los enfoques existentes para gestionar dicha experiencia se basan esencialmente en la creación y mantenimiento de repositorios de experiencias pero no prescriben la manera ni el momento en que los diferentes procesos de GC deben llevarse a cabo (Matturro, 2010).

Para documentar las lecciones aprendidas, en cualquier situación laboral, es importante hacerlo mediante un proceso de comunicación constante que permita

que los involucrados compartan sus experiencias, retos, soluciones y recomendaciones respecto a situaciones específicas con las que cada uno se enfrentará a lo largo de su participación en el proyecto. Es importante documentarlo en un formato específico que permita conocer todo el detalle de la situación de la cual se aprendió (“Lecciones aprendidas”, 2012) y considerar todos los detalles que estén presentes en la lección, desde quiénes fueron las personas involucradas y cómo se solucionó la situación hasta cuáles recomendaciones surgieron después de esta experiencia.

Ribero (2014) identifica los puntos que se deben considerar para el reporte de las lecciones aprendidas:

- Nombre del proyecto, proceso y actividad
- Fecha (puede incluir la hora)
- Nombre y descripción del evento
- Actores (nombre y cargo)
- Causa del evento
- Solución dada al evento
- Lección aprendida (lo que realmente se debió hacer)
- Relación de anexos
- Observaciones-notas

Las lecciones aprendidas permiten identificar tendencias de relaciones causa-efecto acotadas en un contexto específico y sugerir recomendaciones prácticas y útiles para la replicación del nuevo conocimiento en otros espacios y en el diseño o la ejecución de otros proyectos o iniciativas que se proponen lograr resultados similares (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011). Un ejemplo de esto ha sido aplicado en otras áreas del conocimiento como en los proyectos ambientales desarrollados por el Fondo para el Medio ambiente (GEF), uno de ellos fue ejecutado en Ecuador y estaba encargado de revisar el tema de las

especies invasoras en las islas Galápagos; allí se identificaron los aprendizajes y lecciones que este proyecto aportó con el fin de fortalecer y mejorar las decisiones y acciones necesarias para seguir trabajando en temas de control de especies introducidas en las islas y ser un referente para este tipo de proyectos a nivel nacional e internacional (“Proyecto Ecu/00/g31 - Especies invasoras de las Galápagos (PCEIG)”, 2011).

#### 4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO EN TÉRMINOS DE LA MGP

La dirección o liderazgo de proyectos se ha ido especializando, dejando a un lado la improvisación en la ejecución, a través de la adopción de las técnicas de dirección o gerencia de proyectos establecidas por el PMI de Estados Unidos.

El proceso de la gerencia de proyectos está cada día más presente en todas las organizaciones como herramienta para su crecimiento, lo que lleva a la necesidad de requerir profesionales mejor preparados como directores de proyecto que conduzcan a la obtención de resultados estratégicos con el máximo nivel de optimización de recursos.

La Maestría en Gerencia de Proyectos (MGP) imparte las herramientas para el desarrollo de las habilidades necesarias que permiten suplir la demanda profesional, en cuanto a la dirección de proyectos.

La gestión de lecciones aprendidas es un componente primordial en la ejecución de un proyecto, ya que promueve el trabajo en equipo y construye un puente entre las personas que poseen y adquieren experiencias y las personas que se pueden beneficiar de ellas, convirtiéndose en un referente para que las empresas y grupos de trabajo identifiquen soluciones y buenas prácticas en el desarrollo de sus proyectos a partir de situaciones (soluciones o problemas) anteriores, así como también para que detecten situaciones problemáticas de forma temprana.

La documentación de las lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto “Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA” permite aplicar los conocimientos adquiridos durante el estudio de la Maestría en Gerencia de Proyectos en la Universidad EAFIT y genera un banco de conocimiento al interior de la Universidad para ser revisado y estudiado en futuras ocasiones.

## 5. MÉTODO DE SOLUCIÓN

Para identificar, recopilar y validar las lecciones aprendidas del Sistema de Alertas Tempranas de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, desde su inicio hasta el convenio en vigencia, fue indispensable hacer una revisión documental y completar con el aporte del juicio de expertos de las directivas del proyecto.

La revisión documental, como fuente de información secundaria, permitió la recolección y análisis de la información existente como insumo para conocer la evolución del SIATA dentro de los diferentes convenios a través de los cuales se ha ejecutado. Esta se abordó desde los convenios e informes de ejecución hasta el material de divulgación y sensibilización del proyecto, con el fin de evidenciar los cambios significativos en cuanto a su alcance y procesos.

El análisis realizado mediante el juicio de los expertos permitió evaluar la situación actual del SIATA a partir de la experiencia adquirida por los directivos del proyecto durante su ejecución.

Los expertos fueron abordados a través de entrevistas programadas, en las cuales se implementó una guía de entrevista con preguntas abiertas. Las preguntas abiertas dan la oportunidad de recibir más matices de la respuesta, entrelazando temas, y requiere de una gran atención por parte del investigador para poder encauzarlos y estirarlos.

La implementación de la entrevista permitió hacer una investigación cualitativa desde un punto de vista fresco, natural y holístico así como flexible.

El análisis de resultados permitió establecer las brechas entre los años de ejecución del proyecto.

## 6. RESEÑA HISTÓRICA

El SIATA es un proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la Alcaldía de Medellín, en cabeza del DAGRD, con el apoyo económico y técnico de EPM e ISAGEN. Constituye una de las principales estrategias de gestión de riesgo con las que cuenta el DAGRD y los CMGR de los diferentes municipios de la región.

El proyecto tuvo su inicio en el año 2005 en cabeza del Sistema Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (SIMAD) y la subsecretaría de la Secretaría de Medio Ambiente del Municipio de Medellín, con el fin de operar y hacer mantenimiento de las redes Acelerográfica e Hidrometeorológica de la ciudad como base para la formulación de la implementación del SIATA. En este entonces se denominaba Red Hidrológica Comunitaria y estaba enfocada al monitoreo de diez quebradas críticas en donde, por sus antecedentes históricos, se habían presentado el mayor número de emergencias y desastres. En esta época era un tema fundamentalmente social, pues las estaciones estaban en instituciones educativas y se pretendía fortalecer los conocimientos que permitieran a las nuevas generaciones una cultura del autocuidado.

A partir del año 2010 el proyecto se alineó a un plan estratégico de dos entidades: el Área Metropolitana y el Municipio de Medellín, para direccionar su crecimiento no sólo en lo técnico, sino también en lo académico, teniendo como eje principal la instalación en Santa Elena del primer radar meteorológico Tipo C en el país, el cual es operado en la actualidad por el SIATA. En ese entonces se buscaba ampliar las fronteras del monitoreo, incluir los diez municipios del Valle de Aburrá, sistematizar las redes e integrar los sensores remotos como el radar meteorológico, teniendo como fin último la emisión de alertas tempranas basadas en pronósticos locales.

Desde entonces el objetivo principal del proyecto ha sido el de alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo que pueda generar una situación de emergencia y así

reducir los impactos de los fenómenos mediante la implementación de medidas de respuesta ante una amenaza inminente. Adicionalmente, el SIATA tiene como objetivos el monitoreo de cuencas y microcuencas hidrográficas en tiempo real, y la modelación hidrológica y meteorológica regional, generando información vital para la gestión ambiental y de riesgo.

El SIATA cuenta en la actualidad con nueve redes para el monitoreo de distintas variables hidrometeorológicas como: monitoreo de lluvia, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, nivel de las quebradas y humedad del suelo. Además cuenta con una red de cámaras.

Con la información generada a partir de estas redes y junto con la información del Radar Hidrometeorológico se generan alertas a la comunidad para avisar sobre la posible ocurrencia de un evento que pueda generar una emergencia.

En el SIATA se trabaja, actualmente, en la implementación de un modelo de pronóstico atmosférico y un modelo de respuesta hidrológica de la cuenca del Valle de Aburrá, con el fin de garantizar un patrón de predicción acorde a las condiciones propias de nuestra topografía. El radar ubicado en Santa Elena es clave para los procesos de modelación y pronóstico que se desarrolla para el servicio de la comunidad.

## 6.1 Redes

La siguiente sección fue tomada de “Redes” (2016):

- Red pluviométrica: conformada por 109 estaciones pluviométricas es la red más fuerte con la que cuenta el SIATA en la actualidad. Las estaciones registran y envían en tiempo real datos de la cantidad de agua que cae en un punto específico y su unidad de medida es el milímetro. Por ejemplo, si llueve un milímetro significa que ha caído un litro de agua por cada metro cuadrado en la superficie.

- Red meteorológica: los sensores que conforman esta red monitorean la temperatura, la precipitación, la humedad relativa del ambiente y la dirección y velocidad del viento en dieciséis puntos a lo largo del Valle de Aburrá.
- Red de sensores de nivel: esta red está compuesta por treinta y seis estaciones de nivel que miden en un punto específico del río, desde el fondo del cauce, la altura hasta donde llega la lámina de agua y la unidad de medida es centímetros. La información es entregada en porcentaje de banca llena que es una porción (porcentual) del nivel del agua que ocupa el canal.

Algunas de las estaciones trabajan con ondas electromagnéticas y otras con ondas ultrasonido, que permite conocer las fluctuaciones de los niveles de las principales quebradas de la ciudad de Medellín y el Área Metropolitana.

Los sensores están ubicados sobre algunas de las cuencas más importantes del Valle de Aburrá: río Medellín, quebrada La Presidenta, quebrada La Hueso, quebrada Altavista, quebrada La Gómez, cuenca de La Iguaná, quebrada La Picacha, quebrada Santa Elena, quebrada La Ayurá y quebrada La Doctora. Esta red se encarga de monitorear el nivel de las quebradas y de generar la información en tiempo real para la comunidad. Sobre el río Medellín hay seis estaciones instaladas: Parque de las Tres Aguas en Caldas, estación Sabaneta del Metro, puente de La Aguacatala, puente de la 33, Aula Ambiental Paseo del Río y Puente Fundadores en Copacabana.

- Red de disdrómetros: en el SIATA se mide la cantidad de gotas que caen en puntos específicos durante un evento de lluvia, el diámetro de cada gota y la velocidad con la que cae, con diez sensores llamados disdrómetros;

estas mediciones en cada instante de tiempo se conocen como el espectro de precipitación.

La información obtenida con los disdrómetros es de suma importancia para entender la física inherente al fenómeno de la precipitación en regiones tropicales como la nuestra y se convierte en una herramienta fundamental para la calibración del radar meteorológico, puesto que el espectro que resulta de las mediciones con el disdrómetro (medición en tierra) puede ser traducido en una reflectividad equivalente (la reflectividad es la unidad de medida del radar meteorológico).

- Red de ceilómetros: el ceilómetro es un sensor láser diseñado para tomar perfiles verticales de la atmósfera que informa acerca de la altura de la base de las nubes y da indicios de la concentración de aerosoles en la tropósfera. El SIATA cuenta con tres de estos equipos con los cuales es posible realizar también un monitoreo constante de la calidad del aire en el Valle de Aburrá, lo que a su vez permite determinar el posible riesgo para la salud que pueden representar las diferentes actividades llevadas a cabo al aire libre durante períodos críticos de contaminación.

Imagen 1. Ceilómetro\*



\*Todas las imágenes, cuadros, tablas y figuras que aparecen en este texto y que no tienen fuente fueron elaboradas y tomadas por la autora

- Red de humedad del suelo: al día de hoy se cuenta con cinco estaciones de humedad ubicadas en las laderas de la ciudad, las cuales indican el nivel de saturación de los suelos y determinan, bajo estudios y modelos hidrológicos en los cuales se está trabajando, el nivel de riesgo de las diferentes laderas. Los dispositivos monitorean humedad, temperatura y conductividad eléctrica en el punto de estudio.
- Red de cámaras: conformada por nueve cámaras de video en tiempo real de los cielos de la ciudad de Medellín. Con las imágenes se obtiene información de primera mano sobre la formación de nubes y de sistemas de lluvia en el Valle de Aburrá. Cinco de estas cámaras están ubicadas sobre la Torre SIATA con vista a diferentes puntos cardinales y cuatro de ellas en la Torre Radar (corregimiento de Santa Elena) con vista al oriente y occidente del valle.
- Red acelerográfica: la Red Acelerográfica de la ciudad de Medellín (RAM) y del Área Metropolitana (RAVA) fueron instaladas por el Grupo de Sismología de Medellín. RAVA inició en el año 2000 con un proyecto de microzonificación sísmica del Área Metropolitana que permitió instalar equipos en Bello e Itagüí. En 2008 se planteó el proyecto para zonificar los demás municipios que quedaron faltando (Caldas, La Estrella, Sabaneta, Envigado, Copacabana, Girardota y Barbosa). En total son treinta y dos equipos entre las dos redes RAM y RAVA y que son operadas conjuntamente por el SIATA.
- Red de monitoreo de campo eléctrico: las estaciones de monitoreo de campo eléctrico pueden detectar las actividades de los rayos en un radio entre cinco y diez kilómetros a su alrededor, dependiendo de las condiciones en su punto de instalación. En total son tres estaciones las que están instaladas en Medellín: una en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional, otra en el barrio La Ladera al oriente de la ciudad y finalmente una en el barrio Las Mercedes, al occidente.

Esta red nace gracias a la unión de esfuerzos entre el SIATA y la Universidad Nacional de Colombia para adquirir los datos relacionados con las descargas eléctricas atmosféricas en tiempo real para compartirlos con la ciudadanía, con el objetivo de enriquecer el monitoreo de las variables meteorológicas para la gestión del riesgo en la ciudad de Medellín.

De acuerdo con las investigaciones adelantadas por la Universidad Nacional, Medellín es una de las ciudades del mundo que más recibe descargas eléctricas. Es por esto que hace cinco años se inició el proceso de creación de las estaciones de medición de campo eléctrico ambiental cuando un grupo de investigación de la Universidad Nacional realizó el estudio y la elaboración de un prototipo de estas características.

Esta red está compuesta por tres radares:

Radiómetro: se encarga de monitorear la estructura vertical de la atmósfera midiendo variables como temperatura, humedad y cantidad de agua. En Latinoamérica existen sólo tres: uno en México, otro en Brasil y el más reciente instalado en nuestra Área Metropolitana. Medellín es la primera ciudad en Colombia que cuenta con este equipo que es clave para el pronóstico meteorológico a corto plazo y determinante para entender los fenómenos que se generan en el valle, entre ellos detectar el grado de inestabilidad atmosférica, al igual que la influencia del estado de la atmósfera en la calidad de aire.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en el marco del convenio con EPM e ISAGEN, adquirió este equipo que fue instalado el lunes 14 de enero de 2013 en el techo de la Torre SIATA, sede y centro de operaciones del Sistema de Alerta Temprana, proyecto bandera a nivel local y nacional en gestión del riesgo.

Imagen 2. Radiómetro



Radar meteorológico: el radar meteorológico que opera Sistema de Alerta Temprana es el primero en su clase en instalarse en el país. Gracias a un enorme esfuerzo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, EPM e ISAGEN el Radar Tipo C hace barridos permanentemente sobre el valle y la región vecina para obtener información concerniente a las nubes y la precipitación. Esta información es entregada a la comunidad a través del geoportal. Los barridos de la información se actualizan cada cinco minutos.

Imagen 3. Radar meteorológico



Radar perfilador de viento: es un equipo de medición que utiliza tecnología de radar u ondas de sonido usando las propiedades de dispersión de las ondas debido a la turbulencia atmosférica para detectar la velocidad y dirección del viento a diferentes niveles en la vertical desde la superficie de la tierra hasta la tropósfera, es decir, hasta 10-17 km de altitud. Miden de manera remota la velocidad del viento en cinco direcciones diferentes incluyendo una para la componente vertical y cuatro para determinar las componentes horizontales. Esta información en diferentes niveles verticales de la atmósfera resulta particularmente útil para la inicialización de modelos de pronóstico del estado del tiempo.

Imagen 4. Radar perfilador de viento



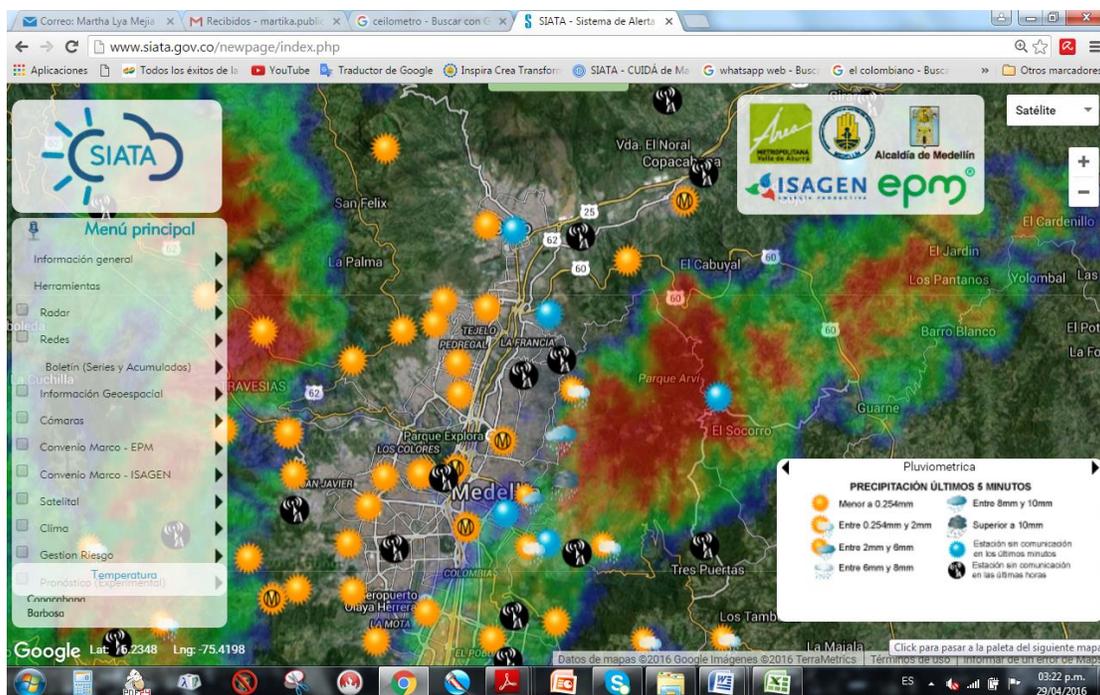
## 6.2 Alertas

El SIATA tiene como objetivo integrador generar alertas oportunas y anticipadas a los organismos de atención y prevención de desastres y a la comunidad vulnerable ante la probabilidad de ocurrencia de condiciones hidrometeorológicas extremas en el Valle de Aburrá que amenacen la vida de la población, la vivienda y que atenten contra la calidad de vida. Dicho objetivo se logra mediante la ejecución de dos macrotareas fundamentales, como el monitoreo ininterrumpido y

en tiempo real de las diferentes variables hidrológicas y meteorológicas y el desarrollo de modelos numéricos de pronóstico. Actualmente se generan alertas a la comunidad a través de diferentes canales:

- Geoportal: ([www.siata.gov.co](http://www.siata.gov.co)) a través del cual no sólo se genera un reporte cada minuto de las lluvias en el Valle de Aburrá, sino que además se ofrece la información concerniente a los acumulados de lluvia de las últimas 3, 24 y 72 horas, información radar y geoespacial, estudios de riesgo y pronósticos con configuraciones del modelo ajustadas para el Valle de Aburrá.

Imagen 5. Geoportal



Fuente: SIATA (2016).

- Versión para móviles: si se accede desde un dispositivo móvil a la página de la SIATA inmediatamente se re-direcciona al sitio para móviles, el cual fue desarrollado por los ingenieros del proyecto con

tecnologías más apropiadas y orientadas a este tipo de equipos. La página presenta la información en tiempo real del radar y de la red de lluvias y de nivel, además de una serie de herramientas que permiten acceder a la imagen de las cámaras en tiempo real y de encontrar la estación más cercana al lugar en el que uno se encuentre.

Imagen 6. Aplicativo móvil



- Redes sociales: para que las alertas del SIATA lleguen directamente al celular del interesado debe inscribirse en las redes sociales del proyecto en Twitter [@siatamedellin](https://twitter.com/siatamedellin), en Instagram [siatamedellin](https://www.instagram.com/siatamedellin) y en Flickr [http://www.flickr.com/photos/imagenes\\_siata/](http://www.flickr.com/photos/imagenes_siata/) para tener acceso a las imágenes y en youtube: <http://www.youtube.com/user/siatamedellin> para acceder a los videos Timelapse y eventos de lluvia, generados a partir de las imágenes obtenidas desde las cámaras en tiempo real.
- Correos electrónicos, WhatsApp y ChatBlackberry: a través de estos canales se envía a los líderes y directores del DAGRD de Medellín y los CMGR del Valle de Aburrá reportes con la información de pronóstico y de lluvia para cada hora en el Área Metropolitana y el valle.

### 6.3 Equipo de trabajo

El equipo de trabajo está dividido en diferentes frentes de acción:

- Área de mantenimiento: encargada de las acciones de mantenimiento correctivo y preventivo de las 84 estaciones instaladas al día de hoy, y del mantenimiento del radar hidrometeorológico instalado en Santa Elena. Está conformada por dos ingenieros de control y dos tecnólogos en electrónica.
- Área de Sistemas Integrados de Información: tres ingenieros de sistemas (dos con maestría en Ingeniería de Sistemas) son los encargados de estructurar, diseñar, desarrollar y administrar el geoportal y todos los demás sistemas de información con los que se entregan los datos a la ciudadanía.
- Área de Desarrollo de Sensores y Telemetría: dos ingenieros físicos con maestría en Ingeniería y Ciencias-Geomorfología y Suelos diseñan, ensamblan, calibran y desarrollan las tarjetas que hacen posible la comunicación en tiempo real de las estaciones con el centro de operaciones. Además de ampliar nuevas alternativas para implementar sensores en el valle que densifiquen las redes existentes.
- Área de Calidad: los procesos internos y externos en el SIATA están direccionados por un estricto sistema de calidad a cargo de una ingeniera industrial que garantiza el funcionamiento y la operación de los procedimientos asociados a la correcta ejecución de las actividades.
- Área Operacional: el SIATA es un proyecto que opera veinticuatro horas siete días a la semana. Tres ingenieros civiles son los responsables de vigilar y garantizar que el sistema funcione en las noches. Adicional a lo anterior, ellos son los encargados de adelantar el proceso de calidad en los datos obtenidos por las estaciones.
- Área de Modelación Meteorológica: un equipo de trabajo experto en Ciencias de la Atmósfera y del Océano son los responsables de

estructurar, desarrollar y correr los modelos de pronóstico ajustados a las condiciones del Valle de Aburrá.

- Área de Modelación Hidrológica: los modelos hidrológicos son calibrados, alimentados y desarrollados por tres ingenieros civiles con maestría en recursos hidráulicos.
- Área de Comunicaciones y Educación: en el SIATA se adelantan unas visitas pedagógicas que se desarrollan con estudiantes de instituciones públicas y privadas de Medellín y el Área Metropolitana. Con ellas se pretende fortalecer el vínculo académico entre el proyecto y los estudiantes de las instituciones. Esta tarea está a cargo de una comunicadora social y una ingeniera ambiental.

## 7 HALLAZGOS

Para identificar las lecciones aprendidas del proyecto SIATA se realizó una investigación evolutiva para sistematizar la calidad de la planificación, ejecución y control del proyecto, ante los diferentes contratos y convenios a través de los cuales se ha llevado a cabo su ejecución.

La investigación se inicia con la revisión documental de estos papeles legales, de los informes técnicos y los informes financieros de cada período de ejecución con el fin de conocer y precisar la información básica como: cronogramas, actividades, presupuestos y productos.

Posterior a la revisión documental se desarrolla un instrumento evaluativo sobre la viabilidad de la implementación de las lecciones aprendidas ante la experticia de los actores principales del proyecto como directivos, administrativos, líderes de áreas e interventores (véase Anexo 1).

La aplicación del instrumento evaluativo se llevó a cabo a través de una entrevista abierta a cada uno de los actores principales, partícipes de los diferentes períodos de ejecución desde el año 2005.

Los resultados dados por la entrevista se analizaron para detectar la presencia de oportunidades de mejoras o buenas prácticas en cada una de los períodos de ejecuciones del proyecto, para luego identificar y recopilar las lecciones aprendidas evidenciadas a través de los años.

### 7.1 Revisión documental

El proyecto SIATA ha tenido ocho períodos de ejecución, los cuales se identifican en la siguiente tabla:

Tabla 1. Contratos y convenios desde 2006 hasta 2016

OBJETO DEL CONTRATO - CONVENIO	ENTIDAD CONTRATANTE - CONVENIANTE	DURACIÓN	FECHA INICIACIÓN	FECHA TERMINACIÓN	VALOR CONTRATO
Desarrollo de adelantos científicos y tecnológicos para la operación de las redes de monitoreo ambiental (SIATA) del Valle de Aburrá como instrumento para el conocimiento, manejo y reducción de emergencias y desastres	Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	20	06/08/2014	24/04/2016	\$ 6.726.407.758
Desarrollo científico y tecnológico para la recolección y procesamiento de los datos de las redes de monitoreo ambiental que permitan la asimilación de la información en los diferentes modelos numéricos de pronósticos, para potenciar el conocimiento de la región metropolitana en el área de la gestión del riesgo de emergencias y desastres	Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	25	04/07/2012	04/08/2014	\$ 5.807.589.340
Desarrollo tecnológico y científico para la integración de las redes de monitoreo ambiental y el radar meteorológico banca C para potenciar el conocimiento de las condiciones locales del Valle de Aburrá	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	11	24/05/2011	30/04/2012	\$ 2.429.871.128
Fortalecer la red acelerográfica, hidrometeorológica y de niveles y operación del SIATA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	1,5	18/11/2010	30/12/2010	\$ 200.000.000
Convenio de asociación para la operación y mantenimiento de las redes acelerográfica e hidrometeorológica y la coordinación del Sistema Ambiental de Alerta Temprana (SIATA)	Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	12	16/04/2009	16/06/2010	\$ 896.530.202

OBJETO DEL CONTRATO - CONVENIO	ENTIDAD CONTRATANTE - CONVENIANTE	DURACIÓN	FECHA INICIACIÓN	FECHA TERMINACIÓN	VALOR CONTRATO
Operación y mantenimiento de las redes acelerográfica e hidrometeorológica de la ciudad y formulación para la implementación del Sistema Ambiental de Alerta Temprana (SIATA) de la ciudad de Medellín	Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	8	23/06/2008	23/02/2009	\$ 241.387.452
Operación y mantenimiento de las redes acelerográfica e hidrometeorológica de la ciudad y formulación para la implementación del Sistema Ambiental de Alerta Temprana (SIATA)	Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	17	23/10/2006	23/03/2008	\$ 421.215.329
Operación y mantenimiento de las redes acelerográfica e hidrometeorológica de la ciudad y formulación para la implementación del Sistema Ambiental de Alerta Temprana (SIATA)	Municipio de Medellín- Secretaría de Medio Ambiente	10	26/05/2005	26/03/2006	\$ 139.961.663
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>\$ 16.862.962.872</b>

El inicio de la ejecución del proyecto se lleva a cabo mediante contratación directa con la Alcaldía de Medellín en cabeza de la Secretaría de Medio Ambiente, específicamente con el Sistema Municipal de Atención y Prevención de Desastres (SIMPAD) encargado de los llamados de la comunidad o alguna entidad que necesite los servicios para cubrir ya sea en las Fiestas Patronales o en la Semana Mayor o en alguna emergencia que se presente.

Al finalizar el contrato en vigencia del año 2010 la Alcaldía se hizo a un lado y vinculó al proyecto Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través de convenios de asociación y transferencia de conocimiento.

En el año 2012 la Alcaldía de Medellín se vinculó nuevamente al proyecto a través del DAGRD, nombre por el cual cambió el SIMPAD al independizarse de la Secretaría de Medio Ambiente y dejar de ser subsecretaría.

Durante los diez años el proyecto ha sido ejecutado por la Universidad EAFIT gracias al respaldo y la confianza de las entidades gubernamentales.

Con el paso del proyecto los aportes económicos han crecido aceleradamente llevando adiciones no sólo en tiempo y recursos, sino también en alcance y productos del proyecto.

El SIATA comenzó con la operación y mantenimiento de la red acelerográfica y meteorológica de la ciudad y en la actualidad cuenta con la integración de nueve redes en total.

Tabla 2. Comparación redes al inicio versus la actualidad

<b>RED / HERRAMIENTAS</b>	<b>INICIO</b>	<b>ACTUALIDAD</b>
Acelerógrafos	18	32
Pluviógrafos	26	109
Sensores de nivel	27	33
Disdrómetros	0	10
Ceilómetros	0	3
Sensores rayos	0	2
Red meteorológica	0	16
Monitoreo de suelo	0	30
Humedad de suelo	0	5
Campo eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Radar meteorológico</li> <li>- Radar de viento</li> <li>- Radiómetro</li> </ul>	0	3
Red de cámaras	7	9

El mayor crecimiento técnico, tecnológico y científico con relación al alcance del proyecto se enmarcó con el convenio de asociación de ciencia y transferencia de

conocimiento que tuvo vigencia a partir del 24 de mayo del 2011, ejecución posterior a la compra del primer Radar Meteorológico Tipo C en el país.

A continuación se enumeran los ítems más relevantes durante los ocho períodos de ejecución del proyecto SIATA:

Cuadro 1. Ítem por período de ejecución

2006 - 2008	2009 - 2010
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato: acuerdo de voluntades.</li> <li>• Financiado: Alcaldía de Medellín</li> <li>• Lugar de ejecución con nueve puestos de trabajo: Torre del Ajedrez</li> <li>• Operación y mantenimiento red acelerográfica e hidrometeorológica. Monitoreo dieciocho quebrada</li> <li>• Tecnología: Internet banda ancha Recolección de datos de las estaciones manual.</li> <li>• Difusión información: boletín diario con datos del IDEAM y la Aerocivil</li> <li>• Equipo de trabajo: nueve personas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato: acuerdo de voluntades.</li> <li>• Financiado: Alcaldía de Medellín</li> <li>• Lugar de ejecución con nueve puestos de trabajo: Torre del Ajedrez</li> <li>• Operación y mantenimiento red acelerográfica e hidrometeorológica:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 22 acelerógrafos</li> <li>- 26 pluviógrafos</li> </ul> </li> <li>• Tecnología: Internet banda ancha</li> <li>• Recolección de datos no confiables por el fallo en las baterías de los equipos</li> <li>• Difusión información: charlas institucionales.</li> <li>• Equipo de trabajo: nueve personas</li> </ul>
2009 - 2010	2011 - 2012
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato: acuerdo de voluntades</li> <li>• Financiado: Alcaldía de Medellín</li> <li>• Lugar de ejecución con nueve puestos de trabajo: Torre del Ajedrez</li> <li>• Operación y mantenimiento red acelerográfica e hidrometeorológica, se incluye la red de sensores de nivel:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 32 acelerógrafos</li> <li>- 46 pluviógrafos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato: convenio asociación de ciencia y tecnología</li> <li>• Financiado: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se vincula ISAGEN y EMP y de nuevo la Alcaldía de Medellín</li> <li>• Torre del Ajedrez: adecuaciones de la torre para aumentar puestos de trabajo</li> <li>• Integración red acelerográfica, hidrometeorológica y sensores de</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 sensores de nivel</li> <li>• Tecnología: servidores - cambio de tecnología</li> <li>• Recolección de datos en tiempo real a través de tarjetas SIM en las estaciones Diseño de micro tarjetas por equipo de trabajo</li> <li>• Difusión información: creación de portal web con datos propios en tiempo real. Continúa la difusión del boletín diario y se crea un recorrido temático para invitar a las instituciones educativas a visitar la Torre SIATA</li> <li>• Equipo de trabajo: nueve personas</li> </ul>	<p>nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 32 acelerógrafos</li> <li>- 70 pluviógrafos</li> <li>- 27 sensores de nivel</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas redes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 16 estaciones red meteorológica</li> <li>- 30 estaciones monitoreo de suelo</li> <li>- 7 cámaras</li> <li>- 1 radar meteorológico</li> </ul> </li> <li>• Crece recurso humano con perfiles específicos</li> <li>• Tecnología: se vincula al proceso clima 24/7</li> <li>• Difusión información: rediseño portal web y se incursiona con las redes sociales</li> <li>• Equipo de trabajo: once personas</li> </ul>
--	---

### 2012 - 2016

- Contrato: convenio asociación de ciencia y tecnología
- Financiador: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Alcaldía de Medellín, ISAGEN, EMP y se vinculan RedRío y RedAire
- Torre del Ajedrez: adecuaciones de la torre para aumentar puestos de trabajo.
- Integración nueve redes:
  - 32 acelerógrafos
  - 84 pluviógrafos
  - 33 sensores de nivel
  - 16 estaciones red meteorológica
  - 30 estaciones monitoreo de suelo
  - 7 cámaras
  - 3 sensores remotos: 1 radar meteorológico, 1 radiómetro y 1 radar de vientos
  - 3 ceilómetros
  - 3 campos eléctricos
- Crece desarrollo de diez tipos de tarjetas
- Tecnología: comienza la modelación de pronósticos meteorológicos e

hidrológicos con el monitoreo de 93 quebradas. Bases de datos para registros históricos

- Difusión información: medios masivos de comunicación
- Surgen ciudadanos científicos para el monitoreo de la calidad del aire
- Equipo de trabajo: 41 personas

Cada período de ejecución ha mostrado un crecimiento significativo en la cobertura de las redes que monitorea el SIATA y en la cobertura de las condiciones hidrometeorológicas propias de la región, gracias a los desarrollos propios del equipo de trabajo del SIATA que han logrado mejorar la calidad de información en tiempo real, con el fin de consolidar históricos de información con respaldo tecnológico y científico.

Así como el crecimiento de las herramientas y los instrumentos han sido los protagonistas en los años de ejecución del proyecto SIATA la difusión de las alertas tuvo su mayor coyuntura a partir del año 2012, con la implementación de las redes sociales y la presencia en algunos medios masivos de comunicación de importancia en la región.

## 7.2 Entrevista a expertos

El documento evaluativo se aplicó a actores del proyecto SIATA partícipes en forma activa en el período de ejecución correspondiente.

Cuadro 2. Lista de entrevistados

ENTREVISTADO		PERÍODO-AÑOS
1	DIRECTOR DEL PROYECTO: Geovany Bedoya Sanmiguel	2005-2016
2	COORDINADOR DEL PROYECTO: Marco Fidel Gamboa R.	2005-2010
3	COORDINADOR DEL PROYECTO: Carlos David Hoyos	2010-2016
4	ANALISTA DE PROYECTO: María Isabel Toro A.	2005-2008

<b>ENTREVISTADO</b>		<b>PERÍODO-AÑOS</b>
<b>5</b>	ANALISTA DE PROYECTO: Ana María Yepes Z.	2009-2016
<b>6</b>	INTERVENTORA ALCALDÍA DE MEDELLÍN: Luz Jeannette Chavarriaga	2005-2011
<b>7</b>	INTERVENTOR ALCALDÍA DE MEDELLÍN: Jaime Enrique Gómez Z.	2011-2016
<b>8</b>	INTERVENTORA ÁREA METROPOLITANA: Luz Jeannette Chavarriaga	2012-2016
<b>9</b>	INTERVENTORA ÁREA METROPOLITANA: Janeth Milena Marín Valencia	2013-2016
<b>10</b>	APOYO ADMINISTRATIVO Carolina Londoño	2011-2016

El equipo de entrevistados está conformado por actores del proyecto que han estado desde su inicio, algunos de los cuales ya se han retirado, y actores que se han involucrado después de un largo período de ejecución.

De acuerdo al análisis de las entrevistas se podría considerar que esta división implícita de los entrevistados esquematiza la cultura de las lecciones aprendidas como un hecho relevante en los últimos años de ejecución del proyecto SIATA, ya que al inicio del proyecto el tema de las lecciones aprendidas no era muy conocido y ni qué decir sobre su implementación.

Es evidente que los entrevistados, con el paso de los años y el auge de la gestión del conocimiento, han logrado interiorizar la importancia de las lecciones aprendidas como oportunidades de mejora respecto a los problemas y las buenas prácticas de un proyecto y siendo de mayor relevancia para el proyecto SIATA.

Sin embargo, el hábito de documentar las lecciones no se ha desarrollado de acuerdo a sus necesidades. Las lecciones aprendidas han quedado registradas en informes, actas y la memoria de quienes han estado involucrados, pero no con el reconocimiento ni la importancia que ameritan.

Quienes iniciaron el proyecto partieron de un conocimiento empírico que día a día adoptó la temática emergente de proyectos y con el tiempo fortalecieron sus conocimientos para adaptarlos en sus perfiles y compartirlos con los sucesores del proceso, quienes al asumir sus roles tuvieron el acompañamiento necesario para conocer el alcance de este y las necesidades de desempeño de su cargo.

Gracias a la interacción entre las diferentes entidades gubernamentales y la Universidad EAFIT como ente ejecutor, la planificación, ejecución, control y seguimiento del proyecto SIATA se ha realizado dentro de los tiempos y costos estimados, respaldados por la matriz de riesgo de las entidades gubernamentales desarrolladas para este tipo de proyectos.

En cuanto al alcance del proyecto se han cumplido a tal punto que se ha incurrido en adiciones y modificaciones a las ejecuciones con el fin de ampliar los alcances de acuerdo a las necesidades que el SIATA considera importantes en cada región, ya que por las condiciones de nuestro relieve día a día se presentan situaciones inesperadas que llevan a la adaptabilidad del proyecto en la inmediatez posible.

De acuerdo a los entrevistados el éxito del proyecto SIATA radica en la necesidad de la región ante un proyecto innovador de ciencia y tecnología, al respaldo institucional y al recurso humano que lo compone.

En cuanto al recurso humano es claro que su adaptabilidad y compromiso es la fuente de solución ante situaciones inesperadas y la clave para la continuidad del mismo.

El proyecto ha estado enmarcado en los planes de acción de las instituciones dueñas del como el Área Metropolitana y el DAGRED; si bien se ha ejecutado por contratos, convenios o contratos de ciencia y tecnología estos han sido por plazos específicos, ininterrumpidos, pero garantizando la continuidad del proyecto.

La modalidad de contrato de ciencia y tecnología ha sido fundamental para el éxito del proyecto, la custodia de información se encuentra en el AMVA y las cláusulas de propiedad intelectual son pactadas desde las minutas de los contratos.

El Área Metropolitana tiene como misión institucional la articulación de los municipios que la conforman y la administración de los recursos naturales de este territorio, con este proyecto se busca proteger la vida y garantizar una adecuada calidad de la misma en concordancia con los procesos de la gestión del riesgo de desastres.

Las entidades participantes como EPM e ISAGEN buscan participar en el proyecto con el aporte económico, técnico e intercambio de la información. Hay apoyo transversal entre las entidades gracias a la credibilidad y el soporte técnico del proyecto.

Desde su formulación, como un proyecto de práctica de la Universidad EAFIT, se ha contado con personas al interior de las instituciones (dolientes) que por su continuidad han mantenido vivo el proyecto y han propiciado espacios para la gestión administrativa, financiera y técnica que se requiere en cada período.

En algunos de dichos períodos se han presentado unos meses sin formalizar los contratos para la continuidad de la operación, pero con el compromiso del operador (EAFIT) se ha logrado garantizar la entrega de alertas sin afectar la prestación del servicio.

Con el liderazgo de un doctor en Ciencias Atmosféricas, personal idóneo para direccionar este proyecto, a partir del 2012 se adaptó el modelo a las condiciones específicas de la región, teniendo así una calidad técnica y científica que respalda la emisión de alertas y todos los procesos dentro y fuera del proyecto.

El proyecto es un laboratorio de aprendizaje constante y dinámico por lo que requiere muchas sinergias para adaptarse en el menor tiempo a las necesidades del entorno y a resolverlas de manera inmediata.

## 8 LECCIONES APRENDIDAS

### 8.1 Formato de recolección

La documentación de las lecciones aprendidas del proyecto SIATA se realizó mediante la elaboración de un formato que permitió conocer el detalle de las situaciones a partir de las cuales se adquirió un conocimiento durante la ejecución del proyecto.

Así se consolidó un formato con base en los formatos utilizados en otros proyectos (véase Anexo 2).

Los puntos que se incluyen en el formato para las lecciones del proyecto SIATA son:

- Lección
- Fecha (aproximada)
- Título: nombre con el cual se identifica rápidamente el tema del que trata la lección aprendida
- Éxito o mejora
- Descripción de la situación: descripción detallada de la situación a la que se enfrentó el equipo del proyecto
- Fase del proyecto: fase del ciclo de vida del proyecto donde se presentó la lección
  - Formulación
  - Planificación
  - Ejecución
  - Seguimiento y control
  - Cierre
- Categoría: área del conocimiento de la gestión de proyectos a la que pertenece la lección aprendida.

- Recursos humanos
  - Integración
  - Información histórica
  - Alcance
  - Normas, regulaciones, etc.
  - Comunicación
  - Costos
  - Tiempos
  - Adquisiciones
  - Riesgos
  - Calidad
- Acciones implementadas: descripción a detalle de las decisiones o acciones tomadas para enfrentar la situación
  - Resultados obtenidos: descripción a detalle de los resultados obtenidos por las lecciones implementadas. ¿Qué salió bien o qué salió mal?
  - Recomendaciones: descripción de acciones que se deben repetir, cuáles evitar y cuáles se podrían implementar para futuras vigencias del proyecto
    - Disposición de la información
    - Consultores
    - Usuarios
    - Directores
    - Equipo de trabajo
    - Base de datos
    - Otros
- Responsable
    - Dirección Área Metropolitana

- Administración Área Metropolitana
  - Administración EAFIT
  - Área de Mantenimiento
  - Área de Operación
  - Área de Sistemas de Información
  - Área de Calidad
  - Área de Modelación
  - Área de Desarrollo de Sensores
- 
- Jefe a cargo

## 8.2 Identificación de las lecciones aprendidas SIATA

A través de las encuestas a los actores que han estado involucrados en la ejecución del proyecto SIATA se logró identificar y documentar veinticuatro lecciones aprendidas, las cuales fueron diligenciadas en el formato diseñado para la recopilación de dichos procesos (véase Anexo 2).

A continuación se enumeran veintidós lecciones aprendidas con la información más relevante por años de ejecución. En el Anexo 3 las lecciones aprendidas del proyecto SIATA están recopiladas con mayor profundidad en relación con el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Lecciones aprendidas del proyecto SIATA

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
1	200 - 2009	Información en tiempo real	Éxito	Información desactualizada, obtenida mes a mes en reportes manuales elaborados por la visita del personal técnico a cada estación	Ejecución	Tecnología Información histórica
2	2006 - 2009	Sinergia entre actores	Mejora	Agrupar los intereses del AMVA, Alcaldía de Medellín, ISAGEN y EPM	Integración Planificación	Administración
3	2006 - 2009	Guardianes de la lluvia	Éxito	En diferentes instituciones educativas cerca a las quebradas con condiciones más críticas de Medellín y sus corregimientos se instalaron pluviómetros	Planificación	Recursos humanos Adquisiciones
4	2010	Integración de Medellín y el Área Metropolitana	Éxito	La Alcaldía de Medellín, teniendo en cuenta que el tema de la lluvia no es local sino regional, busca un músculo financiero	Integración Planificación	Alcance Costos
5	2010	Automatización de la red	Mejora	El monitoreo es de redes aisladas	Ejecución	Alcance Adquisición Costos

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
6	2010	Plan a largo plazo	Mejora	Al querer integrar las redes en un solo sistema es necesario un nuevo direccionamiento del proyecto acorde a las necesidades propias de la región	Integración Planificación	Alcance Recursos humanos
7	2010	Asociación con la academia	Éxito	Necesidad de potencias para nuevas áreas del conocimiento a través de los productos que entrega el SIATA como respuesta a las variables de cada red	Planificación	Integración Alcance Calidad Recursos humanos
8	2011	Difusión y educación	Mejora	Ampliar la cobertura de los usuarios finales de la información que arrojan las redes que articula el SIATA	Ejecución	Alcance Área de Comunicación y Educación
9	2012	Sistema de calidad	Mejora	Redundancia en los datos	Integración Planificación Ejecución	Calidad
10	2012	Vinculación EPM e ISAGEN	Éxito	EPM e ISAGEN se vinculan al proyecto a través del Convenio Marco del AMVA, apostándole a la seguridad humana como	Integración Planificación	Alcance Ejecución

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
				responsabilidad social empresarial		
11	2012	Desarrollos propios	Mejora	La importación de los equipos de las redes es un proceso dispendioso y en ocasiones sobrepasa el tiempo estimado para su implementación.	Ejecución	Alcance Tiempo
12	2012	Operación 24/7	Mejora	La emisión de alertas se interrumpe durante el tiempo que no opera SIATA	Ejecución	Alcance Calidad Recursos
13	2013	Modelación.	Mejora	Las condiciones físicas y geomorfológicas del Valle de Aburrá combinadas con las características climáticas y meteorológicas de la zona y la acelerada ocupación de las laderas se convierten en un reto para la gestión de riesgos asociados a eventos naturales, el estudio de los posibles riesgos se realiza	Ejecución	Tecnología Información histórica

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
				mediante una instrumentación de la cuenca (estaciones de nivel, pluviométricas, radares, etc.) acompañada de un escenario de modelación meteorológica e hidrológica		
14	2014	Árbol de tareas	Mejora	Falta de sinergia entre las áreas de trabajo del proyecto/ necesidad de articulación entre la supervisión y el equipo de trabajo en tiempo real	Integración Planificación Ejecución Seguimiento y control Cierre	Calidad
15	2014	Mantenimiento de estaciones	Mejora	Estaciones inhabilitadas hasta más de un mes	Ejecución	Calidad
16	2014	Análisis del sector	Mejora	Valores globales para la ejecución del proyecto	Planificación	Alcance Costos
17	2014	Matriz de costos	Mejora	Desconocimiento del valor real de los equipos y herramientas para el monitoreo de las redes	Planificación	Calidad Alcance Costos Adquisiciones
18	2014	Articulaciones entidades responsables GR	Mejora	No claridad en cuanto al actor responsable de emitir las alertas entre	Ejecución	Alcance Comunicaciones

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
				los responsables GR		
19	2015	Monitoreo incendios forestales	Éxito	Declaratoria de emergencia por incendios forestales	Ejecución	Alcance Adquisiciones
20	2015	Monitoreo calidad del aire	Éxito	Declaratoria de emergencia meteorológica	Ejecución	Alcance Adquisiciones
21	2015	Ciudadanos científicos	Éxito	Ampliar la cobertura de monitoreo de la calidad del aire	Ejecución	Integración Alcance Comunicaciones
22	2015	Alertas comunitarias	Mejora	Incongruencias en el plan de contingencia ante la activación de los planes de emergencia en zonas críticas ante avenidas torrenciales e incendios forestales	Ejecución	Integración Alcance Comunicaciones
23	2006 - 2009	Sinergia entre actores	Mejora	Agrupar los intereses del AMVA, Alcaldía de Medellín, ISAGEN y EPM	Integración Planificación	Administración

N.º	FECHA	TÍTULO	ÉXITO O MEJORA	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	FASE DEL PROYECTO	CATEGORÍA
24	2006 - 2009	Guardianes de la lluvia	Éxito	En diferentes instituciones educativas cerca a las quebradas con condiciones mas críticas de Medellín y sus corregimientos se instalaron pluviómetros	Planificación	Recursos humanos Adquisiciones

### 8.3 Análisis lecciones aprendidas SIATA

Las lecciones aprendidas del SIATA han tenido gran repercusión en las fases de planificación y ejecución, y en menor medida en las fases de integración, seguimiento y control y cierre.

- Durante la primera ejecución del proyecto, es decir del año 2005 al 2009, las lecciones aprendidas estuvieron presentes en las áreas de conocimiento que abarcan la administración, recursos humanos, adquisiciones, tecnología e información histórica. Todas encaminadas hacia la valoración del recurso humano para la recopilación histórica del proyecto y la sinergia entre los actores administrativos para la adquisición de nuevas tecnologías como pieza clave en el cumplimiento del objetivo principal.
- En la ejecución del año 2010 las lecciones aprendidas se enmarcaron en la ampliación del alcance del proyecto. Gracias a la alianza estratégica entre la Alcaldía de Medellín y el Área Metropolitana la asociación del proyecto con la academia y el nuevo direccionamiento hacia un plan a largo plazo y la articulación de todas las redes repercutió en los campos del conocimiento, tales como recursos humanos, adquisiciones y costos.

Así mismo, durante el año 2011 continuó el enfoque de las lecciones aprendidas hacia la ampliación del alcance del proyecto, enmarcado en la implementación de estrategias de difusión y comunicación con el fin de aumentar la cobertura de los usuarios finales de la información que se articula en el proyecto, incursionando en las redes sociales como herramienta de emisión de los datos que generan las redes monitoreadas.

- En la ejecución del año 2012 la continua ampliación del alcance del proyecto se vinculó con la necesidad de calidad en los datos que emite el SIATA, razón por la cual se incluyeron en las lecciones aprendidas el área de conocimiento de calidad bajo el diseño e implementación del sistema de calidad acorde a los direccionamientos en el tema de calidad de la Alcaldía de Medellín y el Área Metropolitana.

A su vez, el recurso humano se sumó estratégicamente con el aporte de conocimiento para desarrollos propios y se amplió la operación del proyecto SIATA durante las veinticuatro horas del día los siete días de la semana.

- En la ejecución del año 2013 el alcance del proyecto tomó un nuevo giro, direccionándolo como respuesta al nuevo reto de la gestión de riesgos recurriendo a la modelación meteorológica e hidrológica. Esta nueva área de trabajo del proyecto ayudó al crecimiento en tecnología y en la información histórica.
- Durante la ejecución del año 2014 se retomó el área de conocimiento en calidad del direccionamiento de las lecciones aprendidas, implementando herramientas de la gestión de proyectos como apoyo a la planificación del proyecto. Se desarrolló una matriz de costos para determinar el valor real de los equipos y herramientas para el monitoreo de las redes haciendo un análisis del sector para desglosar el valor del proyecto, creando el árbol de tareas para mejorar la sinergia en entre las áreas de trabajo y adoptando el mantenimiento preventivo de las estaciones cada mes.

Adicional al aporte del área de calidad se retomó la ampliación del alcance del proyecto a través de un posicionamiento institucional y científico del

proyecto, en donde en el acuerdo que crea los consejos metropolitanos se valida al SIATA como único responsable de emitir las alertas para el Área Metropolitana.

Estas lecciones a su vez se vinculan con las áreas de conocimiento en adquisiciones, costos y difusión y educación.

- Durante la ejecución del año 2015 y el año en curso las lecciones aprendidas del proyecto SIATA siguen enmarcadas en la ampliación del alcance. En esta ejecución el alcance se ha ampliado acorde a las necesidades de la región, incluyendo el monitoreo de incendios forestales y la calidad de aire como respuesta a las emergencias ambientales que se han presentado recientemente en la ciudad.

De acuerdo a esta estrategia el área de difusión y educación vuelve a involucrarse en las lecciones aprendidas, acercándose a la comunidad a través del concurso de ciudadanos científicos como estrategia para la adquisición e instalación de cien sensores para el monitoreo de la calidad del aire y de la prueba piloto para alertas comunitarias.

## 9 CONCLUSIONES

El conocimiento se ha convertido en uno de los activos más importantes del proyecto SIATA gracias al valor adicional que le imprime a su ejecución. El conocimiento se ha creado día a día y en ocasiones no ha quedado registrado en documentos, sino en la memoria de los que hicieron parte del mismo.

No generar lecciones aprendidas y no hacer uso de esta valiosa herramienta podría derivar en situaciones críticas que llevan al fracaso.

El proyecto SIATA genera lecciones aprendidas todo el tiempo y la mayoría de ellas no cuentan con un proceso formal para canalizar su captura y convertirlo en capital intelectual, es por ello que se vuelve imprescindible establecer un proceso que las canalice de una manera rápida y ágil, clasificándolas y direccionando los esfuerzos de los colaboradores en aquellas que realmente son importantes para la organización.

Las lecciones aprendidas del proyecto SIATA han quedado registradas de manera implícita en actas e informes, pero no se ha realizado un adecuado procedimiento de identificación, captura, almacenamiento y distribución del conocimiento plasmado en ellas.

El propósito de gestionar las lecciones aprendidas del proyecto SIATA es transformar el conocimiento informal del equipo de trabajo en conocimiento formal para que pueda trascender en las entidades involucradas en el proyecto y pueda ser transferido al personal que gestiona los proyectos o los procesos que los soportan.

El nivel de conocimiento que existe entre el equipo de trabajo de SIATA sobre las lecciones aprendidas es amplio, así que la gestión de estas cuenta con buen respaldo.

Los estándares, regulaciones y políticas que afectan al proyecto se encuentran implícitos en los contratos y convenios, pero es necesario generar una base de datos para una consulta más ágil y oportuna.

Al no contar con la gestión de lecciones aprendidas no se establecen acciones que estimulen al equipo de trabajo a compartir o replicar el conocimiento aprendido a través de sus experiencias, como miembros activos en la ejecución del proyecto.

El proyecto SIATA ha sido un ejemplo de éxito en cuanto a la gestión de proyectos, gracias al apoyo de los diferentes actores y la participación activa de los mismos.

El alcance del proyecto es el área de conocimiento protagonista en la mayoría de las lecciones aprendidas del proyecto SIATA, siempre en mira de su ampliación, sin incurrir en el incumplimiento del objeto del proyecto, ya que este es tan amplio que abarca las modificaciones hasta la ejecución del año en curso.

El 64% de las lecciones aprendidas han sido el resultado de las oportunidades de mejora, y el 36% restante casos de éxito.

Fortalezas del proyecto:

- Es un proyecto innovador en el país, con una visión global del conocimiento en gestión del riesgo
- Cuenta con un soporte y capacidad técnica
- Crecimiento continuamente en la adquisición de equipos y herramientas
- Reconocimiento y respaldo institucional, como necesidad de región
- El talento humano y técnico
- Apoyo a situaciones extremas que ponen en riesgo la vida de los habitantes de la región

- Es un proyecto que se adapta a las necesidades de la región, y su adaptación está enmarcada dentro en el objeto del proyecto

Oportunidades de mejora:

- Potenciar lo existente del proyecto y no sólo lo técnico
- Definición de roles de los actores gubernamentales
- Crear indicadores de impacto
- Articular los procesos administrativos con lo técnico
- Mejorar el flujo de información interna, en especial entre los actores principales del proyecto
- Favorecer los procesos de comunicación pública para dar a conocer el proyecto a todos los públicos objetivos
- Fortalecer los medios masivos de comunicación como estrategia de posicionamiento para el público general

## 10 RECOMENDACIONES

La documentación de las lecciones aprendidas del proyecto SIATA es sólo un acercamiento a la gestión del conocimiento, y el aporte que esta documentación brinde al proyecto depende en gran medida de su continua implementación.

Como resultado de la primera documentación de las lecciones aprendidas en la ejecución del proyecto SIATA se propone la implementación de un modelo de gestión de lecciones aprendidas descrito a continuación.

Antes de la implementación del modelo es necesario:

- Crear un área encargada de las lecciones aprendidas y un líder para su realización
- Determinar los objetivos estratégicos del proceso de lecciones aprendidas
- Crear roles y funciones bien definidas respecto al proceso de lecciones aprendidas
- Establecer un plan de trabajo
- Establecer un proceso integral y oportuno para capturar y compartir las lecciones aprendidas:
  - ¿Cómo se transfieren las lecciones?
  - ¿Cuándo se transfieren?
  - ¿Con qué frecuencia?
  - ¿A quién se comunica?
  - ¿Mediante cuál instrumento?
- Definir el formato para la documentación de las lecciones aprendidas (véase Anexo 2)
- Fomentar la reutilización de las lecciones aprendidas en proyectos y áreas diferentes de donde se originaron
- Asegurar la participación de la alta dirección de las entidades involucradas
- Crear una cultura que valore el conocimiento
- Apoyarse en todos los canales de comunicación y procesos actuales dentro de la organización

## 10.1 Metodología propuesta

Para la documentación de las lecciones aprendidas se pueden implementar diferentes metodologías que varían de acuerdo con el objetivo estratégico hacia el cual se direccionan.

Con base en las lecciones aprendidas identificadas en el proyecto SIATA, la metodología a seguir para su clasificación se da de acuerdo al ciclo de vida del proyecto.

Con base en lo presentado por Coquillat (2014) se describen a continuación cada una de las etapas del ciclo de vida de las lecciones aprendidas.

Figura 1. Modelo propuesto para la gestión de las lecciones aprendidas



- Proceso de identificación: uso de mecanismos para captar las lecciones aprendidas y así evitar su pérdida.

A su vez se debe evaluar con el objeto de establecer su prioridad y analizar la viabilidad de las acciones definidas para cada lección aprendida.

Todos los participantes directos e indirectos del proyecto deben recibir la capacitación que les permita cumplir adecuadamente su papel en la gestión de las lecciones aprendidas.

Teniendo en cuenta que no todo el equipo del proyecto está vinculado de principio a fin, es recomendable que se alimente el proceso de revisión y análisis de las lecciones aprendidas a lo largo del proyecto en instancias como:

- Dirección del proyecto
- Interventoría
- Coordinación del proyecto
- Líderes de áreas del proyecto

Por otro lado, el resto del equipo de trabajo del proyecto SIATA está en la capacidad de identificar y reportar cualquier lección aprendida que detecte en el desarrollo de sus actividades, por lo que es importante asegurarse de que todos los integrantes entiendan y sepan identificar y documentar las lecciones aprendidas. Para ello se deben estimar charlas y capacitaciones del tema en todos los procesos.

- Proceso de recolección de información: las lecciones aprendidas se almacenarán en una base de datos que permita su búsqueda rápida.

La recolección de información puede realizarse a través de la implementación de muchas actividades. El resultado es la documentación en un formato estandarizado (véase Anexo 2).

La obtención de lecciones aprendidas puede ser a través de:

- Motores de búsqueda
  - Conocimiento de expertos
  - Generadores de ideas
  - Mapas mentales
  - Espacios de aprendizajes
  - Espacio de conversación
  - Otros
- 
- Proceso de clasificación: se propone clasificar las lecciones aprendidas de acuerdo al área de la gestión del conocimiento en que se desarrollen:
    - Recursos humanos
    - Integración
    - Información histórica
    - Alcance
    - Normas, regulaciones, etc.
    - Comunicación
    - Costos
    - Tiempos
    - Adquisiciones
    - Riesgos
    - Calidad
- 
- Proceso de integración: después de clasificarlas pueden identificarse las lecciones que sean consideradas buenas prácticas u oportunidades de mejora, que se pueden aplicar a la gestión de los proyectos pero que por

su especificidad no deben incluirse en los procedimientos de las entidades involucradas en el proyecto.

- Proceso de difusión: se define un plan de comunicaciones para asegurar que las acciones aprendidas se difundan tanto en el proyecto donde se identifican como en el resto de proyectos.

En el momento de su incorporación se realizará la divulgación de la lección aprendida a los interesados y se dejará para consultas futuras.

Las lecciones aprendidas pueden ser divulgadas a través de:

- Internet, intranet o extranet
  - Portales web
  - Boletines
  - Carteleras
  - Reuniones, talleres y conferencias
  - Otros
- Proceso de seguimiento: establece mecanismos de evaluación al área de lecciones aprendidas para verificar si se está realizando correctamente su función, así como se establece un sistema que asegura la implementación de las acciones definidas para cada lección aprendida.

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arattano, M. & Marchi, L. (2008). "Systems and sensors for debris-flow monitoring and warning". *Sensors*, 8, pp. 2436-2452.
- Aristizábal, E. (2008). "Características, dinámica y causa del movimiento en masa del barrio El Socorro (31 de mayo de 2008) en Medellín". *Revista EIA*, 10, pp. 19-29.
- Aristizábal, E. y Gómez, J. (2007). "Inventario de emergencias y desastres en el valle de Aburrá: originados por fenómenos naturales y antrópicos en el periodo 1880-2007". *Revista Gestión y Ambiente*, 10(2), pp. 17-30.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2011). "Lecciones aprendidas". Recuperado de <http://knl/pages/240,ESPAÑOL,LECCIONES+APRENDIDAS.html>
- Birk, A. & Tautz, C. (1998). "Knowledge Management of Software Engineering Lessons Learned. 10th International Conference of Software Engineering and Knowledge Engineering". *IESE-Report*, 2.
- Coquillat de Travesedo, M. (2014). "Metodologías para la gestión de lecciones aprendidas basada en la metodología de gestión de riesgos". *Revista Proiectus*, 3, pp. 47-48.
- Crosta, G. & Frattini, P. (2008). "Rainfall-induced landslides and debris flows". *Hydrological Processes*, 22(4), pp. 473-477.
- Davenport, T. y Prusak, L. (2001). *Conocimiento en acción. Cómo las organizaciones mejoran lo que saben*. Buenos Aires, Argentina: Pearson Editores.

Decreto 919 (1989). *Diario Oficial de la República de Colombia*. Bogotá, Colombia: República de Colombia.

De los Reyes, E. y Sánchez, M. (2007). "Análisis de la dirección de proyectos desde la perspectiva de la gestión del conocimiento". Recuperado de <http://unizar.es>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2005). Censo General. Recuperado de [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/)

"Desarrollos científicos y tecnológicos para la operación de las Redes de Monitoreo ambiental del Valle de Aburrá –SIATA– como instrumento para el conocimiento, manejo y reducción de emergencias y desastres" (2015). Recuperado de <http://scienti.colciencias.gov.co:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000008095>

Fernández-Marcial, V. (2006). "Gestión del conocimiento versus gestión de la información". *Investigación Bibliotecológica*, 20(41), pp. 44-62.

"Gestión de conocimiento" (2007). Recuperado de [www.gestiondeconocimiento.com](http://www.gestiondeconocimiento.com)

Gottschalk, P. (2007). *It in Knowledge Management. Knowledge Management Systems in Law Enforcement: Technologies and Techniques*. Pensilvania, Estados Unidos: Idea Group Publishing.

*Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)* (2008). Pensilvania, Estados Unidos: Project Management Institute [Recuperado de <http://www.fnmt.es/documents/10179/119827/Descargar+Documentaci%C3%B3n++Gesti%C3%B3n+de+Proyectos/b34b9d76-9e62-4fcb-adbda0e5d675b4b4>].

Guzzetti, F., Peruccacci, S. & Rossi, M. (2005). "Definition of critical threshold for different scenarios". *RISK-Advance Weather forecast system to advice on Risk Events and management*.

Harrison, W. (2003). "A Software Engineering Lessons Learned Repository". Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=830104>

"Identificación y caracterización socioeconómica y geotécnica de las zonas de alto riesgo no recuperable de la ciudad de Medellín y formulación del plan integral para la gestión del riesgo. Informe Interno Municipio de Medellín – Corantioquia" (2005). Recuperado de [cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1112](http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1112)

"Lecciones aprendidas" (2012). Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/291045437/Lecciones-aprendidas>

Ley 1523 de abril de 2012 (2012). *Diario Oficial de la República de Colombia*. Bogotá, Colombia: República de Colombia.

"Mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el valle de Aburrá. Informe Interno Área Metropolitana del Valle de Aburrá" (2009). Recuperado de [http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Informe%20IV\\_GestionRiesgo.pdf](http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Informe%20IV_GestionRiesgo.pdf)

Matturro, G. (2010). *Modelo para la gestión del conocimiento y la experiencia integrada a las prácticas y procesos de desarrollo de software* [Tesis Doctoral. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid]. Madrid, España.

Moreno, H. A., Vélez, M. V., Montoya, J. D. y Rhenals, R. L. (2006). "La lluvia y los deslizamientos de tierra en Antioquia: análisis de su ocurrencia en las escalas interanual, intraanual y diaria". *Revista EIA*, 5, pp. 59-69.

Murphy, A. & Ledwith, A. (2007). "Project management tools and techniques in high-technology SMEs". *Management Researchs News*, 30, pp. 153-166.

Owen, J. & Burstein, F. (2005). "Case Studies in Knowledge Management". En *Where Knowledge Management Resides within Project Management* (pp. 138-154). S.d.

"Plan de Gestión Pura Vida, Área Metropolitana del Valle de Aburrá" (2012). Recuperado de <http://www.metropol.gov.co/Documents/PLAN%20DE%20GESTION%20Pura%20Vida%202012-2015.pdf>

"Plan de Desarrollo Nacional" (2010-2014). Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia: República de Colombia.

"Proyecto Ecu/00/g31 - Especies invasoras de las Galápagos (PCEIG)" (2011). Recuperado de [http://manejespeciesinvasoras.info/wiki/index.php/Lecciones\\_aprendidas](http://manejespeciesinvasoras.info/wiki/index.php/Lecciones_aprendidas)

"Redes" (2016). Recuperado de [www.siata.gov.co](http://www.siata.gov.co)

Reichenbach, P., Cardinalli, M., De Vita, P. & Guzzetti, F. (1998). "Regional Hydrological thresholds for Landslides and Floods in the Tiber River Basin (central Italy)". *Environmental Geology*, 35(2-3), pp. 146-159.

Ribero, J., (2014). Las lecciones aprendidas en los proyectos Recuperado de <http://www.isolucion.com.co/Info/las-lecciones-aprendidas-en-los-proyectos.asp>

Rodríguez, D. (2006). "Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica". Recuperado de <http://ddd.uab.es>.

Russell, W. (2005). *Simplified Project Management for the Quality Professional*. Recuperado de <http://asq.org/quality-press/display-item/?item=E1230>

Saladis, F. & Kerzner, H. (2009). *Bringing the PMBOK Guide to Life: A Companion for the Practicing Project Manager*. Massachusetts, Estados Unidos: Wiley & Sons.

SIATA (2016). Recuperado de <http://www.siata.gov.co/newpage/index.php>

Vélez, J. I., Villarraga, M. R., Álvarez, O. D., Alarcón, J. E. y Quintero, F. (2004). “Modelo distribuido para determinar la amenaza de deslizamiento superficial por efecto de tormentas intensas y sismos”. XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. São Pedro, Brasil.

Villagrán J. (2006). “Red Interamericana de Mitigación de Desastres, PMA”. Recuperado de <http://www.eird.org/cd/indm/espanol/casos3.html>

Wickramasinghe, N. (2006). *Encyclopedia of Knowledge Management*. Illinois, Estados Unidos: Institute of Technology.

Wiig, K. (2000). “The Intelligent Enterprise and Knowledge Management”. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.5708&rep=rep1&type=pdf>

## 12. ANEXOS

### ANEXO 1. Formato entrevista a expertos (Modificado de Agrocascada)

Fecha:

Nombre:

Área:

Cargo:

1. ¿Sabe qué son lecciones aprendidas de un proyecto?  
Sí ( )                      No ( ) Pedir la definición al entrevistador.
2. ¿Se documentan las lecciones aprendidas del proyecto SIATA?  
Sí ( )                      No ( )
3. ¿Para usted es importante determinar las lecciones aprendidas del proyecto SIATA?  
Sí ( )                      No ( )

¿Por qué?

---

---

---

4. ¿Antes de ocupar su rol tenía conocimiento de las buenas prácticas más frecuentes durante la gestión del proyecto SIATA o de otros proyectos de la entidad?  
Sí ( )                      No ( )

¿Cuáles?

---

---

---

5. ¿Antes de ocupar su rol tenía conocimiento de los problemas más frecuentes durante la gestión del proyecto SIATA o de otros proyectos de la entidad?  
Sí ( )                      No ( )

¿Cuáles?

---

---

---

6. ¿En la gestión de proyectos está de acuerdo con que las lecciones aprendidas se documenten continuamente o sólo en el cierre del proyecto?

Sí ( )                      No ( )

¿Por qué?

---

---

---

7. ¿Las condiciones han estado creadas para su despliegue en el proyecto SIATA?

Sí ( )                      No ( )

¿Por qué?

---

---

---

8. ¿Para el proyecto SIATA se gestionan con rigurosidad las normativas, riesgos y plan de acción de las entidades, reevaluando constantemente el entorno y ajustando las acciones para mitigarlos?

Sí ( )                      No ( )

¿Por qué?

---

---

---

9. ¿Para el proyecto SIATA, dentro del alcance definido, se han logrado las metas de tiempos, costos y alcances?

Sí ( )                      No ( )

¿Por qué?

---

---

---

10. Cite dos situaciones de buenas prácticas que han permitido la ejecución del proyecto SIATA.

---

---

---

11. Cite dos situaciones de oportunidades de mejora que se pueden aplicar en futuros convenios del proyecto SIATA.

---

---

---

12. ¿Qué haría diferente en futuros convenios o contratos basados en su experiencia de trabajo actual en el proyecto SIATA o de otros proyectos de la entidad?

---

---

---

13. Durante su tiempo de vinculación con el proyecto SIATA:

- ¿Qué ha sido nuevo?

---

---

---

- ¿Qué ha sido inesperado?

---

---

---

- ¿Qué ha llevado al éxito o al fracaso del proyecto?

---

---

---

- ¿Cuándo y cómo se ha adaptado la ejecución del proyecto ante los imprevistos (positivos o negativos)?

- 
- 
- 
- Con base en la respuesta anterior, ¿qué se puede hacer para superar imprevistos similares en futuros convenios o contratos del proyecto SIATA?

- 
- 
- 
- ¿Cómo marcaron la diferencia las modificaciones en la ejecución del proyecto para continuar su operación?

- 
- 
- 
- ¿Cómo ayudó su experiencia profesional para adaptarse a las modificaciones en la ejecución del proyecto?

---

---

---

14. Teniendo en cuenta las preguntas anteriores cite las lecciones aprendidas de las cuales ha sido testigo, o tenga conocimiento, que han sido implementadas en el área en la que se desempeña dentro del proyecto SIATA. Véase Anexo 2.

# ANEXO 2. Formato para registro de lecciones aprendidas Formato digital

FECHA:		LECCIONES APRENDIDAS PROYECTO SIATA									
ÁREA O PROCESO											
Lección No.	Fecha (aproximada)	Título	Descripción de la situación	Fase del proyecto	Categoría	Acciones implementadas	Resultados obtenidos	Recomendaciones	Disponibilidad de la información	Responsable	Jefe a cargo
		Nombre con el cual se identifica rápidamente el tema del que trata la lección aprendida.	Describe a detalle la situación a la que se enfrentó el equipo del proyecto	Fase del ciclo de vida del proyecto donde se presentó la lección *	Indique a que área del conocimiento de la gestión de proyectos pertenece la lección aprendida	Describe a detalle las decisiones y/o acciones tomadas para enfrentar la situación	Describe a detalle los resultados obtenidos por las lecciones implementadas. ¿Qué salió bien o qué salió mal?	Describe qué acciones se deben repetir, cuáles evitar y/o que otras se podrían implementar para futuras vicisitudes del proyecto	Consultas, usuarios, director, equipo de trabajo, base de datos, etc.		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

\*Ciclo de vida del proyecto:  
 Formulación  
 Planificación  
 Ejecución  
 Seguimiento y control  
 Cierre

\*\* Gestión del Conocimiento  
 Recursos humanos  
 Integración  
 Información histórica  
 Almacenamiento  
 Normas, regulaciones, etc.  
 Comunicación  
 Costos  
 Tiempo  
 Relaciones  
 Riesgos  
 Calidad

ANEXO 3. Registro lecciones aprendidas SIATA  
Formato digital