

Revista

Publicación especializada en la gestión de servicios públicos

epm[®]

No.14 Julio - diciembre 2019

Centro de Excelencia
Proveedores (CEP)

¿En cuáles países
de América Latina
tomarías agua
de la llave?

Criterios de sostenibilidad
de proyectos productivos
rurales para contribuir
a la construcción de
territorios sostenibles
y competitivos



energía | gas natural | aguas

Revista EPM No. 14
Julio - diciembre 2019
ISSN: 2145-1524

Grupo Directivo EPM:

Jorge Londoño De la Cuesta

Gerente General

Carlos Arturo Díaz Romero

Vicepresidente Ejecutivo Gestión de Negocios

John Maya Salazar

Vicepresidente Ejecutivo Proyectos e Ingeniería

Gabriel Jaime Betancourt Mesa

Vicepresidente Ejecutivo Estrategia y Crecimiento

Jorge Andrés Tabares Ángel

Vicepresidente Ejecutivo Finanzas Corporativas

Gestión de Riesgos e Inversiones

Carlos Alberto Solano Bonnet

Vicepresidente Generación Energía

William Giraldo Jiménez

Vicepresidente Proyectos Generación Energía

Inés Helena Vélez Pérez

Vicepresidente Transmisión y Distribución Energía

Luis Guillermo Villada Corrales

Vicepresidente Gas (E)

Santiago Ochoa Posada

Vicepresidente Agua y Saneamiento

Maritza Alzate Buitrago

Vicepresidente Asuntos Legales y Secretaría General

Alejandro Jaramillo Arango

Vicepresidente de Crecimiento

Álvaro Castaño Otálvaro

Vicepresidente Estrategia Corporativa

Ricardo José Arango Restrepo

Vicepresidente Talento Humano y Tecnología

José Nicolás Ríos Correa

Vicepresidente Suministros y Servicios Compartidos

Juan Felipe Valencia Gaviria Fernández

Vicepresidente Comercial

Luz Mercedes Mejía López

Vicepresidente Comunicación y Relaciones Corporativas

Óscar Alberto Cano Castrillón

Vicepresidente Auditoría Corporativa

Edición y coordinación de la Revista EPM:

Dirección Desarrollo del Talento Humano

Gerencia Comunicación Corporativa

Gerencia Identidad Corporativa

Fundación EPM

Biblioteca EPM

Periodicidad: semestral

Solicitud de canje a:

Biblioteca EPM

Carrera 54 No.44-48 Plaza de Cisneros

Teléfono: 3807500

bibliotecaepm@epm.com.co

Medellín – Colombia

Empresas Públicas de Medellín E.S.P.

Carrera 58 No. 42 – 125 Apartado 940

E-mail: epm@epm.com.co Tel: 3808080

Medellín – Colombia

www.epm.com.co

En esta segunda edición del año, la Revista EPM presenta una variedad de temas que empieza por la revisión del concepto de Centro de Excelencia, aplicado hoy en distintas áreas de EPM para impulsar un mejor relacionamiento. En su artículo, el autor argumenta que esta estrategia permite asegurar el manejo adecuado de los proveedores, al tiempo que advierte los desafíos que comporta y, en especial, los retos que en términos de cultura exigen una gestión de carácter permanente.

Como es tradicional en esta publicación, hay un balance entre los artículos que tocan aspectos puramente técnicos y los que relatan experiencias y vivencias de los trabajadores en busca de la prestación de un mejor servicio. Así lo demuestra el equipo del área de agua potable y saneamiento que implementó el “variómetro”, una herramienta que permite enviar señales de alerta al Centro de Control para hacer los correctivos necesarios en el sistema. Se destaca que este trabajo surge de un propósito establecido en su plan de desarrollo para desarrollar un prototipo de instrumento que avisara una posible fuga de acueducto.

El agua, recurso vital que hoy es tema de discusión por las preocupaciones en todo el mundo ante el cambio climático,

es también el origen de la pregunta clave que se hace un grupo de profesionales de EPM: “¿En cuáles países de América Latina tomarías agua de la llave?”. En su artículo comparan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos reglamentados en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay. De esta manera, muestran la importancia de que cada país haga un esfuerzo continuo para mantener la calidad del agua en el más alto nivel posible.

También sobre el agua, otro texto de este número de la Revista EPM aborda los análisis que se hacen con los datos registrados en los sistemas de información de la Empresa sobre las intervenciones en el sistema de alcantarillado del Valle de Aburrá. Señalan los autores que son estudios permanentes, dirigidos a “buscar acciones de mejora e intervenciones sobre la infraestructura”.

Esa es la misma motivación del artículo “La modelación y optimización, herramientas de planeación de los sistemas de bombeo de acueducto”. Tomando un caso de estudio, en este trabajo se muestra la importancia de ejecutar tareas de esta naturaleza en sistemas extensos y con topografía accidentada, como lo es el Valle de Aburrá.

De otro lado, en “Protegiendo el medio ambiente sin detrimento del ejercicio técnico: reaislado de polos de generadores”, el autor explica cómo se hace el cambio del aislamiento de los generadores sincrónicos y cuenta la experiencia que ha tenido EPM en la central de energía eléctrica Guadalupe IV, con la técnica conocida como B-Stage, que emplean a nivel mundial los fabricantes y reparadores de grandes generadores de energía, con resultados claves como la reducción de los residuos peligrosos y la disminución en el tiempo de intervención del equipo.

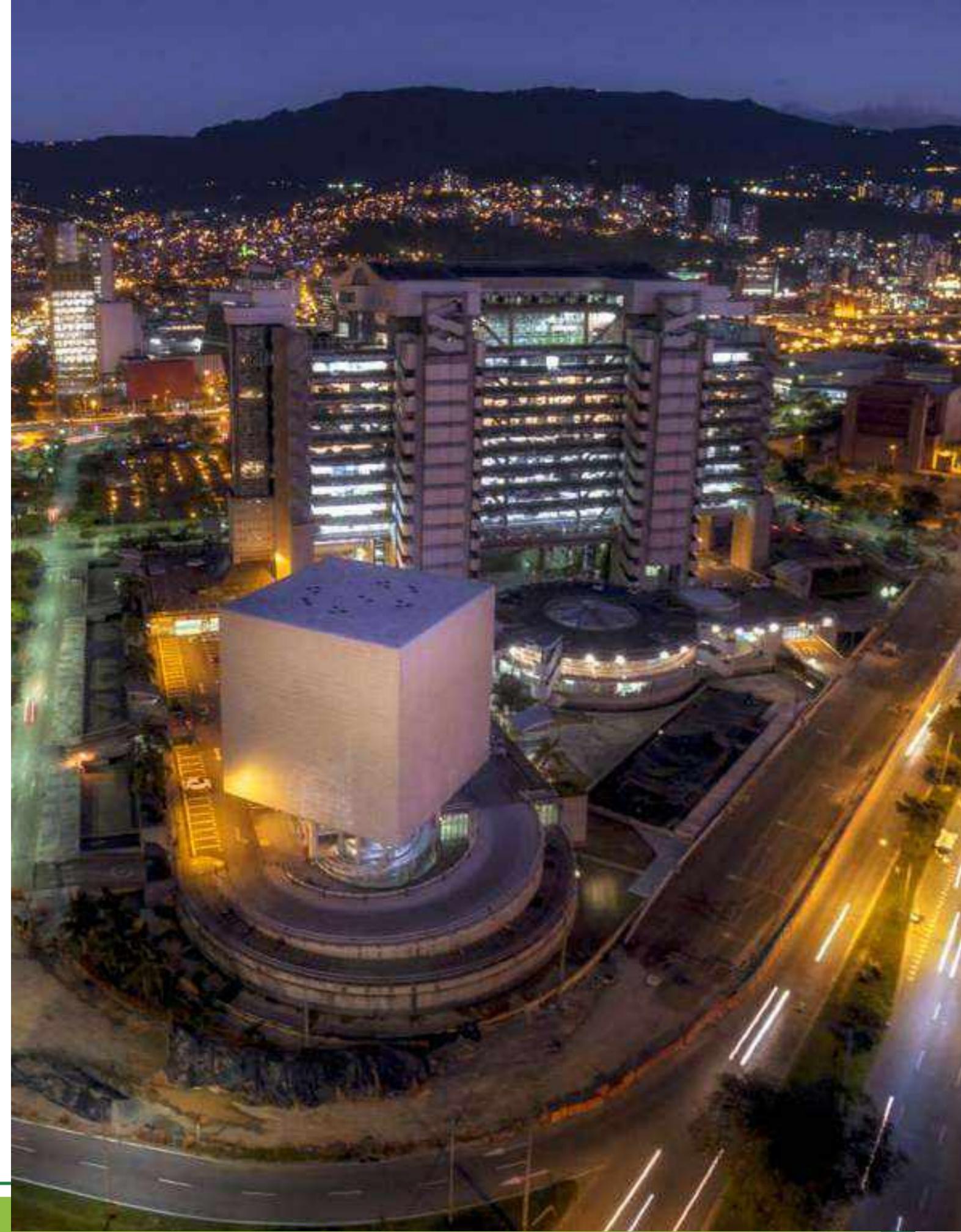
Terminamos con el artículo que ilustra la portada de esta Revista EPM: “Criterios de sostenibilidad de proyectos productivos rurales para contribuir a la construcción de territorios sostenibles y competitivos”. En el texto se analiza la orientación de la Empresa en esta área de su gestión, señalando con acierto que debe estar sujeta a unas condiciones “que permitan obtener reales y significativos impactos sociales, económicos y ambientales”. Por

lo tanto, afirma el autor, la sostenibilidad es el criterio esencial, con enfoque de cadena productiva, perspectiva de largo plazo, transformación territorial y participación de las comunidades organizadas.

Una vez más la Revista EPM pone a disposición de los lectores el trabajo intelectual y experiencial de su gente al servicio de la comunidad académica y, en general, de todas las personas que se interesan por acercarse a la multiplicidad de conocimientos y experiencias que hay detrás de la prestación de los servicios públicos.

EPM sigue avanzando en sus programas y proyectos, y su recurso humano, enfocado en investigar, generar conocimiento y compartirlo, es factor fundamental para cumplir el propósito empresarial que nos hemos fijado: **“Contribuir a la armonía de la vida para un mundo mejor”**.

Comité Editorial Revista EPM.



Contenido

Centro de Excelencia Proveedores (CEP)

Center of Excellence Suppliers



Pág. 11

La modelación y optimización, herramientas de planeación de los sistemas de bombeo de acueducto

Modeling and optimization, planning tools for the aqueduct pumping systems



Pág. 81



Pág. 31

¿En cuáles países de América Latina tomarías agua de la llave?

¿In which Latin American countries would you drink tap water?

Análisis post operativos como una estrategia para mejorar el proceso de recolección y transporte de aguas residuales en el Valle de Aburrá

Post-operative analysis as a strategy to improve the wastewater collection and transport process in the Aburrá Valley



Pág. 47

Así nació el Variómetro

Thus was born the Variometer

Pág. 101



Pág. 109



Criterios de sostenibilidad de proyectos productivos rurales para contribuir a la construcción de territorios sostenibles y competitivos

Sustainability criteria of rural productive projects to contribute to the construction of sustainable and competitive territories

Pág. 63



Protegiendo el medio ambiente sin detrimento del ejercicio técnico: reaislado de polos de generadores

Protecting the environment without detriment to the technical exercise: re-insulated poles generators



Centro de Excelencia Proveedores (CEP)

Center of Excellence Suppliers

Gustavo Adolfo Arias Zabala

Unidad Diversidad y Desarrollo de Proveedores
Gerencia Cadena de Suministro
Vicepresidencia Suministros y Servicios Compartidos EPM

gustavo.arias@epm.com.co

Resumen

La complejidad del relacionamiento entre un cliente empresarial y sus proveedores, más los impactos que se generan entre las partes y su entorno social, ameritan reflexionar sobre la forma de abordarlo desde la perspectiva de la sostenibilidad. Este artículo revisa el concepto de Centro de Excelencia (CE) como estrategia de abordaje organizacional para un mejor relacionamiento, buscando trascender el mero hecho transaccional de compra-venta

de un bien o servicio (B&S) determinado. Como referencia, se presentan asuntos puntuales de EPM asociados a lo que se hace y se puede hacer en este tema, con la expectativa de que el enfoque acá presentado sea revisado y asumido por las empresas, si lo consideran válido. Se deja claro que el concepto de Centro de Excelencia ya se aplica en EPM, específicamente en áreas técnicas, de gestión humana y finanzas.

Palabras clave:

Centro de excelencia (CE), Relacionamiento empresarial, Servicios compartidos, Comunidades de práctica, Desarrollo de proveedores, Relacionamiento con proveedores. Centro de servicios compartidos (SSC), Centro de competencia, Centro de especialización.

Key words:

Center of excellence (CoE), Business relationship, Communities of practice, Supplier development, Relationship with suppliers, Shared service center (SSC), Center of competence (CoC), Center of expertise (CoEx).



Introducción

Toda empresa que demande B&S para usarlos o transformarlos con el fin de producir los propios y entregarlos a su vez al mercado, requiere de la gestión con los proveedores que se los suministran. Es deseable y sostenible que esta gestión genere valor, tanto para el comprador como para el vendedor.

El Grupo EPM, en el marco de su gestión empresarial (prestación y comercialización de servicios públicos de energía eléctrica, distribución de gas natural, provisión y gestión de aguas, gestión de residuos sólidos), requiere de un número importante de B&S cuya adquisición se tramita en los mercados locales (dentro del área de influencia de prestación de los servicios de la Empresa), regionales, nacionales e internacionales. La variedad, volumen, costo, riesgo y complejidad de los B&S requeridos exige un despliegue importante de recursos financieros, administrativos, técnicos y humanos para su correcta adquisición, dadas sus implicaciones en términos de calidad, costo, riesgo y continuidad del servicio que EPM presta a sus clientes.

Este ensayo pretende evidenciar la necesidad de construir en las empresas capacidades de

relacionamiento con los proveedores y mostrar la importancia estratégica de un equipo de trabajo que oriente sobre las características y el perfil de este relacionamiento, de tal manera que resulte gana-gana y sostenible para las partes y para el entorno en el que se desarrolle. Por razones de cercanía y conocimiento, en este escrito se alude al Grupo EPM; pero los conceptos expuestos pueden aplicarse a cualquier empresa que considere relevante el aporte que sus proveedores de B&S le hacen, de cara a su competitividad y sostenibilidad. Esto, amparados en un direccionamiento estratégico que, para el caso de EPM, parte de una condición de *aprendizaje y desarrollo* al interior de la Organización, para alcanzar un propósito final: *generación de valor para los grupos de interés*. El tránsito exitoso para el cumplimiento de este direccionamiento supone claridad organizacional para asegurar la obtención de resultados, específicamente en lo que a los proveedores se refiere. La figura de *Centro de Excelencia de Proveedores (CEP)* se presenta como una posible estrategia propiciadora de acciones que apoyen el direccionamiento estratégico de cara al grupo de interés Proveedores.

1. ¿Qué es un Centro de Excelencia (CE)?

Los CE "... son centros donde hay una simbiosis de investigación, educación y práctica. Es el lugar donde nuevos conceptos germinan, se exploran y se ponen a prueba" (Grinspun, Librado, & Góngora, 2005). Los CE reducen el espacio entre investigación, aplicación, educación y práctica. Para Faghihi (2009), la decisión de implementar un CE depende del tamaño de la organización. En grandes empresas está diseñado para abordar los elementos que producen cambios del entorno. Su esquema de ejecución se define bajo dos enfoques: uno "gradual", que implica cambios sucesivos y mejoras de los procesos de adaptación existentes dentro de la organización; y otro "Big-Bang" que implicaría nuevos procesos para su implementación, es más disruptivo (Faghihi, 2009).

Se espera que un CE aporte a la empresa en términos de especialización, reconocimiento a nivel organizacional y focalización de esfuerzos. En el CE se concentran *capacidades* internas y externas cuya resultante es el incremento del rendimiento, expresado en rentabilidad, competitividad, innovación, aprendizaje y transferencia de conocimiento.

Para Reger y Zafrane (2002) los CE son unidades organizativas cuyo accionar gira alrededor de: (1) posesión de fuertes competencias,

(2) reconocimiento de la posesión de estas competencias por las otras partes de la empresa o grupo, y (3) uso de tales competencias por otros miembros de la red corporativa. Estos autores hablan del *ciclo de vida* del CE, que asocian a: (1) los recursos internos específicos del CE, (2) el contexto interno del negocio y (3) el contexto empresarial externo. Además, citan en su artículo las funciones básicas del CE, a saber: (1) enfoque del CE en las áreas que apoya, (2) orientación a los estándares, metodologías y herramientas utilizadas para su área de enfoque; (3) aprendizaje compartido, que incluye capacitación, evaluación de habilidades y formación de equipos; (4) métricas que demuestren el valor proporcionado por el CE; y (5) la gobernanza, incluida la gestión y asignación de recursos, y la coordinación entre múltiples organizaciones (Reger & Zafrane, 2002).

Coughlan y Bernstein (2017) definen el CE como una unidad organizativa que incorpora un conjunto de capacidades que han sido identificadas por la empresa como fuente importante de creación de valor, con la intención de que estas capacidades sean aprovechadas y/o difundidas a otras partes de la firma (Coughlan & Bernstein, 2017).



2. Marco de solución e impacto de un Centro de Excelencia de Proveedores (CEP)

Con las características y alcances definidos en el numeral anterior sobre los CE, se presentan enseguida aspectos relevantes en el relacionamiento entre una empresa (caso EPM) con sus proveedores, especialmente con aquellos que a la luz de su direccionamiento estratégico se consideran críticos.

La condición de criticidad de uno o varios proveedores, de cara a su cliente empresarial, tiene múltiples causas y gradualidades. Cada empresa deberá hacer su propio análisis al respecto a la luz de sus necesidades y prácticas existentes. La expresión *Centro de Excelencia* puede sonar pretenciosa, pero a la luz de la teoría existente y la aplicación que se a este concepto a nivel mundial y específicamente en EPM, se justifica en cuanto al relacionamiento con los proveedores por su complejidad.

Hablar de lo que no debe ser el relacionamiento entre una empresa con sus proveedores es una alternativa de argumentación del porqué debe actuarse de forma contraria. La estrategia *descriptiva* de lo que suele ocurrir en un proceso de adquisición de B&S y sus potenciales consecuencias adversas son también argumentos que juegan a favor de la conformación de un CEP, toda vez que allí se da la posibilidad de analizar en profundidad y de revertir, o en otros casos propiciar o reforzar acciones que redunden en una relación de carácter gana-gana, mediante trabajos coordinados con el resto de la empresa y con los proveedores mismos.

A continuación, se presenta un listado amplio, pero no exhaustivo, de lo que puede entenderse

como funciones generales de un CEP, siendo a la vez razones que justifican su existencia por la profundidad y el alcance que tienen de cara a la sostenibilidad de la empresa en unos casos, o a las posibilidades de crecimiento en otros. Igualmente, se da una idea de los impactos deseados, motivaciones para su creación, actores clave y metas de este CEP:

(1) El CEP puede liderar en la empresa las acciones y estrategias derivadas de las políticas y el direccionamiento estratégico en lo que respecta al grupo de interés Proveedores y el relacionamiento con ellos para establecer un modelo ajustado a las condiciones reales de mercado, pero con visión de mejoramiento gradual según las necesidades y prioridades establecidas.

(2) Desarrollar un enfoque integral y equilibrado para gestionar el relacionamiento con los proveedores, en una dinámica que genera valor sostenible para los participantes, considerando el comportamiento contractual histórico, la predisposición a la mejora, el nivel de desarrollo competitivo (precio, calidad, oportunidad de entrega) y las exigencias contractuales, entre otros, así como la labor de precisar capacidades técnicas (innovación), la importancia del bien o servicio adquirido, el nivel de competencia en el mercado, etc.

(3) Construir para la empresa un inventario completo de proveedores, identificar oportunidades de colaboración y estimar los beneficios para las partes. Implica segmentar a los proveedores y definir el modelo de relacionamiento a establecer, ajustado a su importancia estratégica o nivel de

interdependencia, de modo que sea beneficioso para ambos. Significa construir una matriz tipo DOFA con esta segmentación.

(4) Apoyar la innovación y el espíritu empresarial que genere valor en la empresa a partir de la gestión del relacionamiento con los proveedores. La participación de las áreas técnicas de los negocios es decisiva para este propósito.

(5) Estudiar el comportamiento y perfil de los proveedores, de manera que se pueda integrar en la generación de valor según las capacidades y los recursos implícitos en el relacionamiento. Esto es, incrementar la excelencia en las empresas implementando distintos modelos de relacionamiento según el potencial de valor identificado. La inversión de los recursos está asociado al modo de relacionamiento. El modelo es adaptado a cada segmento, sin fórmulas estándar.

(6) Identificar estrategias para aportar al mejoramiento empresarial en las regiones donde las empresas tengan presencia, a través del desarrollo de proveedores de interés (búsqueda de acciones y recursos para mejorar capacidades, competitividad, compromiso, etc.).

(7) Construir un plan y definir un gobierno general para la gestión del relacionamiento con los proveedores (marco de actuación, estructura y modelo de interacción), dejando claros los procesos y las herramientas que han de regir a la empresa en los ámbitos interno y externo. Implica el desarrollo de un programa de comunicación ajustado al plan general.

(8) Estar en sintonía con las necesidades actuales y futuras de los negocios de la empresa con nuevas capacidades, dado

el rápido desarrollo de la tecnología y los mercados. Significa, identificar sinergias con los proveedores para capturar beneficios en el mercado y oportunidades de negocio, además de asegurar ventaja competitiva.

(9) Desarrollar oportunidades de negocio con proveedores, compartiendo riesgos y beneficios. Identificar y cerrar brechas que no permiten generar ventaja competitiva conjunta: capacitar, crear oportunidades de cooperación, compartir los recursos y las capacidades necesarias para el caso de negocio específico.

(10) Identificar los principales proveedores (estratégicos) de cara a la amenaza de competidores externos con altos niveles de inversión e ingresos. Requiere desarrollar visión compartida del negocio. En algunos casos, exclusividad. Optimizar la capacidad de trabajo conjunto. Se trata de propiciar el desarrollo local, regional y nacional frente a la oferta internacional.

(11) En sintonía con lo anterior, mitigar, a través de los proveedores, la amenaza de B&S sustitutos de origen extranjero, a través del desarrollo local con mayor valor agregado social, económico y ambiental.

(12) Prever el potencial cambio de prioridades de los clientes y los proveedores respecto al uso de los servicios prestados por EPM. En muchos casos los proveedores son clientes de EPM.

(13) Aplicar el concepto de *empresa extendida*, integrando a los proveedores y sus trabajadores en el desarrollo de productos y servicios, así como en el mejoramiento de los procesos mismos de la empresa con el concepto de productividad en campo. Desde el punto de vista de formación

del personal, significa ampliar la cobertura hacia el personal profesional y operativo de los proveedores.

(14) Reducir/controlar riesgos de suministro (calidad, continuidad, costo) y de reputación, entre otros, a partir de una adecuada gestión del relacionamiento con los proveedores.

(15) Aprovechar la capacidad de gestión y de relacionamiento de EPM con otros actores del entorno (Gobierno, ONG, sector privado, comunidad, etc.), para desarrollar planes conjuntos para la gestión del relacionamiento con los proveedores.

(16) Definir mecanismos de evaluación y calificación de los proveedores para que ellos puedan mejorar y hacerse más visibles y atractivos para EPM y para el mercado en general.

Estas consideraciones, unas más estructurales que otras, exigen un abordaje que considere

a los proveedores como actores importantes en la ecuación que da como resultado la sostenibilidad y competitividad empresarial.

El CEP exige un cambio de paradigmas respecto al relacionamiento con los proveedores, lo que conlleva estrategias de entrenamiento y construcción de capacidades de relacionamiento entre las partes (empresa y proveedores) que hagan la diferencia y generen ventajas competitivas en el mercado. En estos momentos, es deseable analizar las capacidades, procesos y estructuras actuales en EPM de cara a este nuevo concepto, con el fin de identificar brechas u oportunidades de mejora que permitan a la Empresa definir un plan de acción que madure el CEP, según sus propias necesidades y expectativas. Se resalta que la estrategia que motiva la creación de un CEP apunta a minimizar incongruencias, en caso de que existan, bajo la convicción del beneficio para las partes y para el territorio donde se aplique.



Reunión con proveedores

3. Concepto de mercado y condiciones culturales y de ambiente empresarial

La decisión de crear un CEP pasa por el análisis de condiciones externas a la empresa. La estructura y el comportamiento del mercado en el que las empresas intervienen para interactuar con los proveedores de interés está segmentado (según el bien o servicio requerido); y en general, contiene comportamientos que no permiten decisiones estándar y continuas para ninguna de las partes.

La cultura predominante en una comunidad otorga características especiales y diferenciadoras a los relacionamientos de mercado allí presentes, porque el mismo se realiza entre *personas*. Por esto, la capacidad e intensidad del relacionamiento con los proveedores puede variar significativamente según el lugar y el tiempo en que se analice.

Puede afirmarse que existe un patrón histórico de conducta en el relacionamiento de los actores que participan en un determinado mercado que obedece a la *utilidad o beneficio económico* que se deriva del mismo. La *utilidad* tiene su propia variabilidad y valoración según el contexto cultural en que se aplique. Esto es importante para la propuesta del CEP que acá se desarrolla porque implica trabajar con estos conceptos (utilidad y beneficio económico), procurando el ajuste de las expectativas de los actores respecto a los mismos, de tal manera que el relacionamiento tenga un carácter gana-gana para ellos y para la sociedad en su conjunto. Los mecanismos establecidos por los actores para maximizar el beneficio en sus mercados son muy variados y están determinados, entre otros, por aspectos culturales, estudiados en

disciplinas como la sociología, la antropología, la historia, la economía, etc. (Arias Z., 2019).

3.1 Análisis del relacionamiento en el mercado

Para entender el valor del CEP es importante presentar algunos conceptos que determinan la complejidad práctica y conceptual del relacionamiento en los mercados. La Figura 1 representa la idea general del relacionamiento requerido para la adquisición de un bien o servicio en el mercado, con sus componentes básicos: (1) El Proveedor (P), (2) su Empresa Cliente (EC), y (3) el Campo de Relacionamiento (CR) o mercado. Este último se entiende como el *espacio virtual* donde se establecen las relaciones interpersonales e interempresariales, las comunicaciones y el marco contractual, jurídico y legal, así como los intereses individuales y colectivos y también donde están a disposición los recursos financieros, tecnológicos y otros, y donde se mueven además las *fuerzas* competitivas. Este concepto es diferente al acuñado por Michael Porter (2011) en su obra *Estrategias Competitivas*. Acá la palabra "fuerza" se refiere a todo fenómeno que cambie o incida de alguna manera en las decisiones que se tomen en el CR por alguno de los actores allí presentes.



Figura 1 - Componentes del relacionamiento.

En el CR existe un volumen importante de recursos y capacidades provenientes de

los diferentes actores que allí se mueven. El número y las características de estos actores, así como la calidad del relacionamiento entre ellos varían según el sector económico en cuestión y del grado de desarrollo empresarial de los participantes. El concepto de desarrollo empresarial se refiere no sólo a los recursos tecnológicos e institucionales, sino también a la capacidad de interactuar en el CR de manera creativa y sostenible, de cara a la competitividad y a la innovación.

Aunque el relacionamiento presentado es uno a uno (un Proveedor (P) articulándose con una Empresa Cliente (EC) en el CR), en la práctica ambos actores, individualmente considerados, tienen múltiples relacionamientos. Actuando como EC al adquirir B&S para sus procesos productivos, y de forma simultánea como P cuando ofrecen en el CR sus propios productos. La Figura 2 muestra esquemáticamente ese comportamiento dual en una empresa cualquiera denominada EN. En ambos casos son distintos P y EC que se vinculan con la empresa EN, que por lo demás son variables en el tiempo.

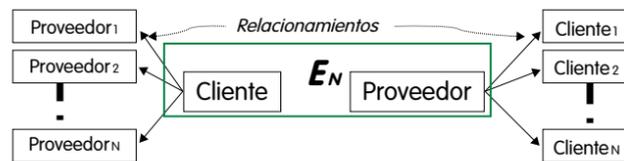


Figura 2 - Relacionamiento dual de las empresas.

La Figura 3 muestra nuevamente a la empresa EN en su estructura dual frente al CR, como EC (C_N) y como P (P_N). Se observa la multiplicidad de posibles enlaces, visto tanto desde las empresas que demandan, como desde las empresas que ofertan B&S.

Se insiste en que la composición de empresas ofertantes y demandantes varía con el tiempo. Los posibles relacionamientos dados en el CR entre un P y una EC sufren cambios y distorsiones en su estructura o forma por motivos como la demanda o la oferta insatisfecha, decisiones unilaterales de los actores, políticas estatales que alteran las condiciones del CR, factores socioculturales que inhiben o posibilitan cierto tipo de relacionamientos, estrategias empresariales diversas asumidas por los actores, capacidad de gestión en las empresas y otros actores que participan en el CR, infraestructura existente con sus posibilidades y restricciones, y participación en redes empresariales, entre otros.

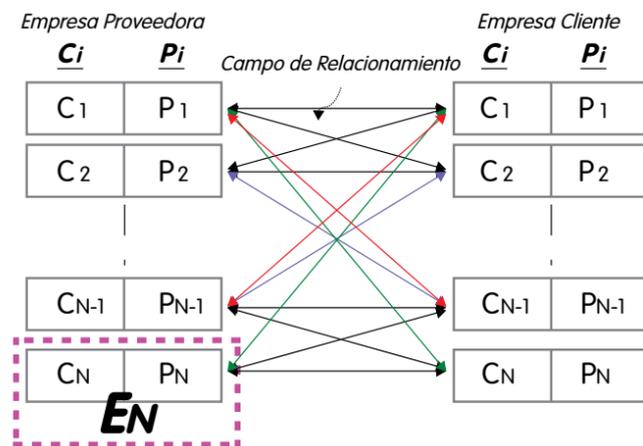


Figura 3 - Relacionamiento de una empresa EN en el CR.

Estas consideraciones evidencian la complejidad y riqueza de posibilidades de los relacionamientos dados en un CR particular en el que se negocian B&S. Es la combinación de los fenómenos variables enunciados, más otras posibles no mencionadas, lo que da la esencia y las características particulares a los diferentes mercados. Se establecen allí patrones de conducta

dominantes que determinan finalmente la forma de realizar los negocios. El entendimiento de este punto es vital para el análisis del relacionamiento y el alcance del CEP propuesto en este trabajo. Las fuerzas o fenómenos variables descritos arriba y presentes en los CR, gráficamente se pueden representar como lo muestra la ilustración 4, asimilándolo al concepto de fuerza, como se entiende en las ciencias físicas y matemáticas, al tiempo que permite mostrar una nueva dimensión del relacionamiento y su ámbito de acción. Como se sabe desde la física, la interacción de fuerzas genera fricciones y resultantes con una magnitud, dirección y sentido determinados.

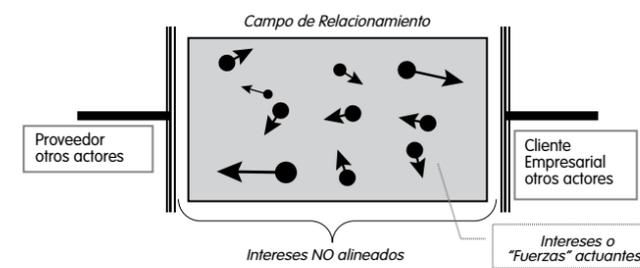


Figura 4 - Representación de fuerzas actuantes en el mercado.

Es posible que estas resultantes que se dan en el CR, fruto de interacciones particulares entre empresas que tranzan B&S, sea lo deseado por uno o varios de los actores. También es posible lo contrario, que los efectos de las resultantes sean contraproducentes o no deseables para una o varias empresas participantes. Se plantean de esta manera diversos escenarios en los cuales el CR estaría poblado de fuerzas que representan diversos intereses, mostrando cómo estas fuerzas generan resultantes típicas que particularizan los mercados, lo que en parte estará reflejando la naturaleza de las empresas/actores que allí participan y de su entorno.

Puede hablarse así de escenarios de alto, medio o bajo relacionamiento, de acuerdo con la capacidad de los actores de interactuar bajo ciertas directrices comunes que les generan beneficios. Es importante resaltar que en el CR o mercado existen otras fuerzas que se consideran externas, producidas por terceros: gobierno en sus diferentes niveles, asociaciones empresariales, sindicatos, instituciones educativas, entidades financieras, centros de investigación y de desarrollo e innovación, asociaciones de consumidores, entre otras que igualmente tienen intereses en dicho CR.

A partir de los perfiles de las empresas/actores se explica el establecimiento de relaciones gana-gana o no entre ellos, en el contexto de una industria determinada, así como las posibilidades competitivas y de desarrollo presentes. Identificar fuerzas, definiéndolas como variables susceptibles de ser intervenidas con un propósito específico, es la tarea que se plantea a partir de la iniciativa CEP, sin que esto signifique que será su responsabilidad generar cambios importantes y permanentes en los CR de interés.

Siguiendo esta representación, surge la idea de un agente ordenador de las fuerzas para uno o varios CR, en el sentido de que pueda inducir resultantes que generen los mejores efectos para el mercado en su conjunto, en términos de competitividad, productividad y sostenibilidad para todos y cada uno de los participantes. La Ilustración 5 representa esta idea, interpretando que es posible promover acciones polarizantes de origen interno o externo al CR particular, que estimulen alineamientos de las fuerzas allí presentes y que produzcan resultados deseables para los integrantes (gana-gana). El asunto es identificar qué tipo de acciones aplicar

y cómo implementarlas de tal forma que se instalen en el CR como práctica permanente o patrón de conducta sostenible. Es a través del cambio de patrones de conducta que se introducen al mercado comportamientos que favorezcan el alineamiento de estas fuerzas.

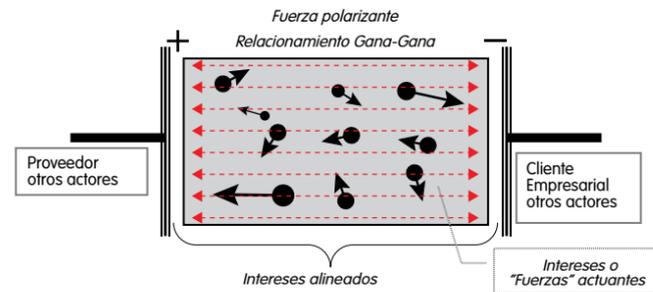


Figura 5 - Fuerzas actuantes en el mercado afectadas por fuerzas polarizantes.

3.2 Redes flexibles, cadenas productivas y relacionamientos

Una forma ampliada de presentar el relacionamiento en varios CR o mercados es mediante el concepto de *redes flexibles*, el cual tiene como uno de sus pilares el vínculo de los actores participantes para aprovechar todas las oportunidades de desarrollo y de acuerdo con las capacidades, los recursos y las competencias existentes en cada uno de ellos en un momento dado. Las alianzas productivas, redes colaborativas o cadenas productivas son algunas de sus expresiones, y muestran la forma como los CR operan desde la adquisición de los insumos básicos o primarios hasta la producción de un B&S para un determinado cliente final. La ilustración 6 presenta el caso, en donde las designaciones CR1, CR2 y CR3 son los campos de relacionamiento en los cuales actúan las empresas E0 a E3 en su comportamiento dual como Proveedoras (P) y como Clientes Empresariales (CE).

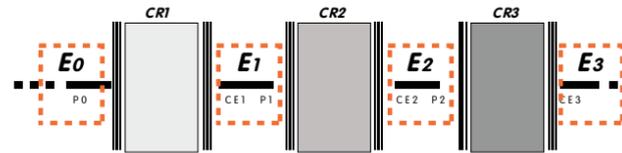


Figura 6 - Relacionamientos en una cadena productiva.

Se observa la interdependencia de los diferentes CR que hacen parte de la cadena productiva, la cual debe ser conocida y analizada cada vez que se quiera intervenir en un CR en particular, de tal manera que se maximicen los beneficios y se minimicen los efectos nocivos. Por ejemplo, una afectación de la calidad, el precio o la oportunidad de entrega en uno de los B&S tranzados en cualquiera de los CR (eslabón de la cadena), puede perturbar las condiciones existentes en los otros asociados. La intervención del CE para cambiar algún aspecto del relacionamiento con sus P, como puede ocurrir en un proyecto de desarrollo, afectará de alguna manera, no sólo el CR en que se encuentren, sino que podrá tener implicaciones en los otros actores. Por ejemplo, puede cambiar la participación porcentual de sus productos en dicho mercado; lo que resulta del máximo interés para todos.

Esta perspectiva del relacionamiento, vista a través de las redes flexibles y las cadenas productivas, presenta posibilidades sectoriales no aprovechadas de mejoramiento del desempeño económico, principalmente referido a niveles de valor agregado, productividad, competitividad y reducción del riesgo. Desafortunadamente no se dispone de un modelo adecuado para el análisis de este fenómeno que permita identificar y evaluar asuntos críticos de política y gestión tecnológica y sus efectos en el desempeño económico, que induzcan a los empresarios a asumir ciertos patrones de conducta que favorezcan un relacionamiento del tipo gana-gana.

El concepto de *redes flexibles* en el marco de una cadena productiva puede tener la representación de la Ilustración 7. Es otra forma de ver los relacionamientos allí presentes. Cada CR en dicha figura (Campo 1 a Campo N-1) contiene el concepto de *empresa extendida* o *empresa flexible* y queda definido por un relacionamiento específico. Se identifica acá una dimensión que no ha sido adecuadamente entendida e incorporada a la dinámica empresarial, que actualmente se circunscribe a las fronteras físicas de las empresas (en el caso de las manufactureras) o en los límites de propiedad intelectual (para las prestadoras de servicios). En general los límites empresariales actuales están donde hay cambio de dueño o de intereses.

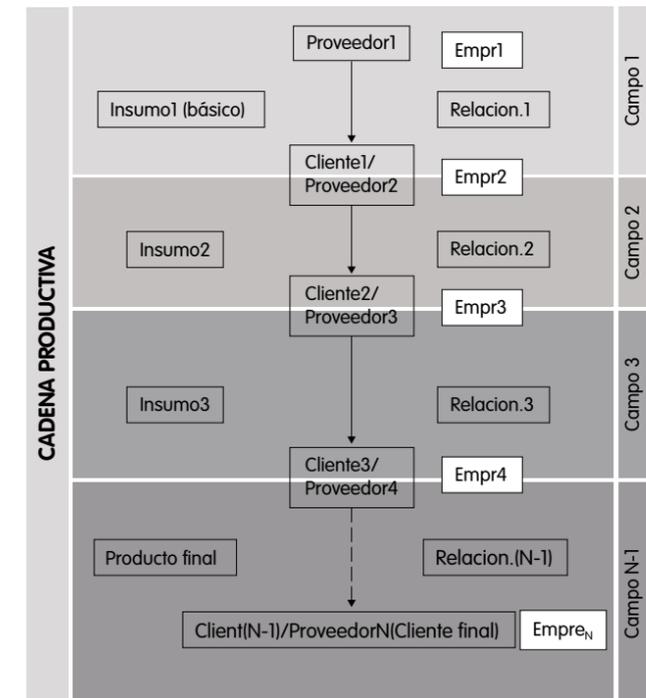


Figura 7 - Campos de empresas en una cadena productiva.

Se puede identificar en cada campo de relacionamiento (CR) una nueva e hipotética

unidad productiva complementaria, potencialmente distinta de la convencional (Empr1, ..., EmprN). Esa nueva entidad denominada NE1, NE2, ..., NEN-1 (Nueva Empresa 1, 2, ..., N-1) surge de los relacionamientos que allí se establezcan. Se le pueden definir sus características, relaciones y nuevas variables, producto de las sinergias entre los recursos y las capacidades que en aquel lugar se encuentran o se cruzan.

Finalmente, todo depende de los intereses y la visión empresarial de los actores presentes para percibir oportunidades de nuevos negocios y aprovecharlas efectivamente. En general, la intensidad y calidad de las relaciones presentes en cada CR son proporcionales al conocimiento de las posibilidades y restricciones existentes en el relacionamiento que allí se está dando o se pueda dar. La gestión de esta empresa virtual (unidad productiva hipotética) no puede asimilarse completamente al de las convencionales. De ser posible y necesaria su gestión, hay que definirle su propia misión, visión, estrategias, valores y demás variables de los modelos empresariales clásicos; como, por ejemplo, la medición de la rentabilidad de esta *nueva empresa*, la distribución de las utilidades, las inversiones que requiere, su planeación estratégica y su estructura organizativa, entre otras. La claridad en estos conceptos es útil para evidenciar la complejidad de las nociones de CR y del relacionamiento mismo.

Surgen nuevamente preguntas esenciales: ¿cómo lograr, a partir del entendimiento de las dinámicas del relacionamiento vistas de manera individual o grupal en las cadenas, que este sea activo, gana-gana y sostenible a partir de las condiciones actuales de los mercados locales y globales?, ¿sobre cuáles patrones o variables de conducta intervenir para

desencadenar ciclos virtuosos que se refuercen y afiancen conductas y escenarios de alto valor agregado, con productividad y competitividad para las empresas del sector? Además, en los CR descritos existen otros fenómenos o fuerzas variables de corte *cualitativo* que impactan las transacciones allí realizadas de manera favorable, en algunos casos, o desfavorable en otros. Esas fuerzas se traducen en una mayor o menor capacidad para competir e innovar según la forma como es aplicada. La Ilustración 8 presenta algunas de las variables aludidas.

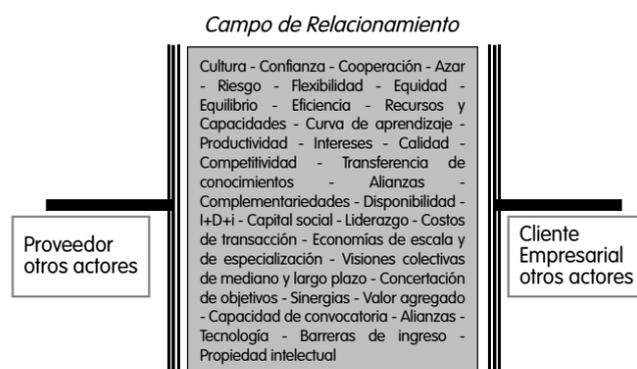


Figura 8 - Algunas fuerzas que caracterizan un CR (mercado).

Estas fuerzas subyacen en el CR y son, en algunos casos, independientes de transacciones particulares consideradas, añadiéndole o restándole valor a la misma. Intervenir estas fuerzas *exógenas*, con el propósito de mejorar su impacto en el CR, se constituye en un reto para los actores involucrados. Significa plantear un trabajo que va más allá del mismo acto de compra-venta de un B&S. Finalmente es lo que en este documento denominamos "*cultura*" para realizar los negocios.

Se deduce de lo expuesto que en los CR o mercados existe tanto la influencia de variables formales (políticas, normas legales, económicas y contractuales, entre otras) como de las informales (códigos de conducta, convenciones sociales, valores, creencias, ideas, actitudes y percepciones). Hacen parte de la cultura, personalidad o idiosincrasia de los miembros de una sociedad, que guían su interacción cotidiana. De forma paralela a la presencia de estas variables, se estructuran instituciones formales e informales que las refuerzan y que se complementan para definir el conjunto de elecciones realizadas en una sociedad en particular, con los resultados correspondientes.

Las mismas normas formales impuestas sobre sociedades distintas producen resultados diferentes, lo que le da un carácter complejo al relacionamiento. Igualmente, el relacionamiento tiene un alto componente regional en términos de institucionalidad, condiciones socioeconómicas del entorno, modelos mentales, recursos, capital social, liderazgo, capacidades, intereses de las partes, entre otros, que pueden marcar diferencias importantes en el tratamiento del relacionamiento en los CR en uno u otro país o territorio.

Los elementos conceptuales presentados respecto al mercado y los relacionamientos posibles en él dan cuenta de lo complejo que puede ser su manejo cuando se trata de transacciones gana-gana. Visto así, el CEP se constituye en un mecanismo que permite intervenir los CR para lograr resultados sostenibles y de valor compartido.

4. Implementación / Despliegue del CEP en EPM

Presentado el concepto de CE, esbozada su aplicación al relacionamiento con los proveedores, más el entendimiento del mercado (CR), se presentan algunas implicaciones previsibles que el Grupo EPM consideraría por su naturaleza jurídica.

4.1 Implicaciones internas

Aluden a asuntos propios de la Empresa que deben alinearse a la expectativa de un CEP, dado que impactan o son impactados por el mismo:

(1) Jurídicas: con el rigor jurídico debido, se requiere el entendimiento de que el proveedor es un socio, más que la *contraparte* en una relación meramente transaccional. Las disposiciones jurídicas deben apoyar la coherencia organizacional en torno a lo que se quiere con el CEP, según lo dicta la Política de Relacionamiento con Proveedores vigente en EPM.

(2) Culturales: el relacionamiento de una empresa con los proveedores parte de reconocer que es el individuo el que genera los cambios, que luego se proyectan a la relación interpersonal y de comunidad. En consecuencia, hay que motivar un cambio de paradigma en los funcionarios con respecto al rol del proveedor en la Empresa y su importancia estratégica. Esto se logra mediante: (a) desarrollar capacidades en relación con el entendimiento y empoderamiento para un relacionamiento transparente y con propósito; (b) promover una visión compartida sobre el relacionamiento, y (c) entender que el relacionamiento es dinámico en el tiempo

y esto requiere adaptación. Históricamente, la actuación organizacional respecto al relacionamiento con los proveedores ha llevado a *extremos* en el mismo y ahora ameritan su revisión. El carácter gana-pierde expresado en algunos casos debe cambiarse. Es tarea del CEP arrojar luces al respecto.

(3) Procedimentales: alude al establecimiento de mecanismos de relacionamiento y marcos de actuación que habiliten el trabajo colaborativo a nivel interno y con los proveedores, a través de: (a) definición de estrategias de relacionamiento, categorías de proveedores, coordinación y acuerdos de nivel de servicios, y (b) dotar a las dependencias involucradas y a los proveedores de herramientas tecnológicas que faciliten el intercambio libre y transparente de información.

(4) Organizacionales: se refiere a la definición y establecimiento de redes de relacionamiento colaborativo internas y externas, así como a la revisión del entendimiento de los modelos de negocios, ajustados a un relacionamiento gana-gana con los proveedores y la sociedad en su conjunto. Se debe diferenciar gestión de proveedores con gestión de categorías; las palancas de valor y las acciones a ejecutar son diferentes. Su foco en este punto son los procesos organizacionales.

(5) Comunicacionales: el éxito de la implementación y despliegue del CEP está ligado a las estrategias de comunicación internas y externas para lograr la introspección necesaria del propósito del CEP en todas y

cada una de las personas que participan directa o indirectamente en su creación, consolidación y sostenibilidad.

(6) Visión empresarial: el entendimiento profundo del concepto de Empresa Consciente propuesto por Fredy Kofman (2012), sumado a la esencia del concepto de Valor Compartido planteado por Michael Porter (2011), pueden dar un marco teórico suficiente para presentar formas de reconciliar el mundo empresarial y el mercado con la sociedad, de cara a una transformación.

(7) Humanas: el ser humano y su entorno deben ser el foco del CEP en su gestión de cara a la empresa. EPM como empresa 100%

pública y prestadora de servicios públicos, ha declarado al ser humano como eje de su actuación empresarial. Esto obliga a que sus funcionarios incorporen en su hacer (pensar, sentir y actuar) conductas coherentes con la visión empresarial.

(8) Técnicas: trata de propiciar y dotar al talento humano propio y de los proveedores de las condiciones suficientes y necesarias en su saber hacer técnico, desde la investigación y la innovación, de tal manera que mediante prácticas compartidas (redes colaborativas) se genere riqueza social sostenible.



4.2 Implicaciones externas

Se refieren a asuntos propios del entorno empresarial que pueden facilitar o restringir el cumplimiento del propósito de un CEP. Algunos conceptos considerados como internos a la empresa, también tienen su expresión externa y deben ser gestionados adecuadamente. Específicamente, tratándose de los proveedores y de las características del mercado en que se encuentran inmersos, *la cultura* es el caso más representativo.

A nivel externo sobresalen:

(1) Cooperación: en este concepto subyace el éxito del CEP en cuanto al cumplimiento de sus funciones, toda vez que le da sentido y propósito a lo que se haga. La cooperación es la base del relacionamiento entre las empresas y sus proveedores, y el proceso de su construcción es largo y cuidadoso, mientras que su destrucción puede ser inmediata, lo depende del perfil de los actores involucrados y de otras circunstancias que pueden ser ajenas a los mismos. La cooperación acepta la diferencia en las motivaciones y los niveles de compromiso de los participantes en una iniciativa, siempre y cuando no se atente contra los intereses legítimos de los otros actores involucrados. Exige que se tenga claridad de lo que el CEP implica.

(2) Redes empresariales: es una extensión de la cooperación. Las redes empresariales son alianzas que se crean entre empresas con el fin de lograr un propósito común. Este concepto es importante de cara al despliegue del CEP.

4.3 Algo de historia

Puede afirmarse que, en general, el relacionamiento requerido para la adquisición

de B&S en nuestro medio ha tenido un alto componente transaccional. Es decir, se limita a procurar que el B&S se entregue con los estándares exigidos por el cliente. Una vez dado este paso, se termina la relación cliente-proveedor. Así se ha comportado el mercado en muchos sectores de nuestra economía. Este modelo ha presentado señales de deterioro, vistos desde una empresa como EPM. El CEP pretende atender estas deficiencias al pasar de lo transaccional a lo relacional.

Se presentan a continuación situaciones de posible ocurrencia en una empresa, y que serían objeto de intervención desde el CEP.

¿Qué pasó en la empresa? (descriptivo): (1) Rupturas y desencuentros internos y externos alrededor del incipiente concepto de la gestión del desarrollo con proveedores. (2) Falta de recursos y capacidades en los funcionarios para la gestión de proveedores. (3) Insuficiente información sobre los proveedores y su estado de desarrollo y relacionamiento. (4) Falta de claridad respecto a compartir riesgos y beneficios económicos con los proveedores. (5) Escaso rigor en la aplicación de la política de relacionamiento con proveedores y contratistas. (6) Tendencia al gana-perde en la relación contractual que conducen a acciones “defensivas” de alguna de las partes, en detrimento de la otra. Así se incrementa el riesgo en la calidad de los B&S recibidos o se incrementan los costos del mismo por excesivos controles (pólizas, interventoría, etc.). (7) Incremento del riesgo por falta de claridad organizacional sobre el potencial impacto de la gestión del relacionamiento con proveedores en la sostenibilidad y el crecimiento empresarial.

¿Por qué pasó? (diagnóstico): (1) En algunos casos, ejercicio de posición dominante de la empresa en el relacionamiento con los proveedores. (2) Falta de capacidades respecto al tema de relacionamiento con proveedores; dificultades de control. (3) Falta de claridad institucional sobre la importancia de la gestión del relacionamiento con los proveedores. (4) Falta de homologación: desconexión entre dependencias al interior de la empresa para unificar esfuerzos y establecer estrategias conjuntas para un adecuado relacionamiento con los proveedores. Criterios de selección, manejo y prácticas diferentes. (5) Inexistencia o falta de claridad en los actores que participan en la relación contractual (interfases: compras centralizadas, descentralizadas y mixtas) y en el nivel de valor esperado de cada segmento de proveedores. (6) Interpretación de política e instrucciones organizacionales diferentes.

¿Qué sucederá? (predictivo): (1) Insostenibilidad empresarial en el mediano y largo plazo por baja competitividad, problemas en la calidad del B&S, mayores riesgos en el suministro, entre otros. Fuerte penetración de productos foráneos. (2) Lo anterior conlleva a insostenibilidad empresarial, falta de ingresos en las comunidades y deterioro social.

¿Qué se debe hacer? (prescriptivo) de cara al CEP: (1) Generar estrategias de sensibilización a nivel de decisores en la estructura organizacional, de modo que permita reevaluar el proceder actual de cara al relacionamiento con los proveedores. (2) Definir la estructura del CEP y someterla a consideración de los directivos decisores del tema, presentando los objetivos, el alcance y el plan de trabajo a partir de lo expuesto en este documento. Construir el marco de actuación de Proveedores-Empresa o modelo de interacción para el relacionamiento. Asimismo, definir los

roles y las responsabilidades de los procesos y la dependencia de la empresa. (3) Dedicar recursos al desarrollo del relacionamiento con los proveedores. Habilitar capacidades para luego asignar los roles y las responsabilidades correspondientes (mapa de relaciones y tablero de mando que otorgue visibilidad a todo el proceso de gestión de proveedores). (4) Identificar brechas que no permiten la implementación del relacionamiento previsto con el proveedor según sus perfiles y segmento. Esto es, definir modelos de relacionamiento diferenciados. (5) Crear metodologías y escenarios para analizar a los proveedores y entender su valor potencial y su riesgo. Dar un propósito a cada interacción. (6) Analizar las interdependencias a lo largo de la empresa con los proveedores según su segmento. (7) Construir un plan de comunicaciones coherente, lo mismo que protocolos y políticas de relación (confidencialidad, asuntos legales, inversiones, recursos compartidos, etc.): Manual de Contratación y Código de Proveedores con reglas de juego claras. (8) Habilitar mecanismos en el relacionamiento que permitan evaluar el desempeño y la certificación de proveedores, de tal manera que la calificación del desempeño evidencie sus mejoras. (9) Desde el CEP asegurar la conexión de sus procesos con el direccionamiento estratégico de la empresa, dotándolo de autonomía y capacidad de gestión en la organización. Funciones claras y firmes, con altos estándares de exigencia. Con indicadores que garanticen la calidad. El CEP debe tener incentivos que permitan excelencia en el desempeño. (10) Definir indicadores y su periodicidad que den cuenta de la gestión del CEP (desempeño e impacto en creación de valor y cumplimiento de objetivos).

Para EPM, la historia del relacionamiento con sus proveedores es la línea base a partir de la

cual se evaluarán los resultados de las nuevas ejecuciones. Significa esto que algo debe cambiar a partir de la puesta en marcha del CEP, y una vez realizados los ajustes *estructurales* de cara al *nuevo* relacionamiento. El CEP agrega valor a través de la construcción de las competencias necesarias en las instancias requeridas de la empresa y de sus proveedores de interés; esto según la estrategia de relacionamiento previamente ajustada (proveedores importantes para cada negocio y por qué).

4.4 Metodología a emplear: caso EPM

A partir del quehacer propuesto para el CEP, este

aporta al Direccionamiento Estratégico del Grupo EPM en la medida en que contribuye al desarrollo de territorios sostenibles y competitivos mediante el uso de la contratación como palanca para el desarrollo local. Igualmente, la Política de Relacionamiento con Proveedores y Contratistas de EPM que se resume en la siguiente figura, es un buen examen de la pertinencia del CEP.

Para el caso del Grupo EPM, la visión del CEP descrita está alineada y apoya tanto su Direccionamiento Estratégico, como lo presentado en su Política de Relacionamiento con Proveedores.



Figura 9 – Política de Relacionamiento P&C y EPM.

4.5 Marco de actuación

Dado el alcance del CEP, es preciso estructurar un marco de actuación que permita gestionar de manera ágil y pertinente los diferentes requerimientos que surjan en la dinámica de interacción propia del relacionamiento.

Este marco puede construirse a partir de elementos presentados en el aparte anterior *¿Qué se debe hacer? (prescriptivo)*, considerando los siguientes alcances:

(1) Interno y aplicable en cada empresa: específicamente, para el Grupo EPM se refiere a propiciar un cambio de conducta de los funcionarios hacia los proveedores, buscando que el relacionamiento sí apunte a los elementos

señalados en la política. Este documento debe ser ampliamente difundido entre los funcionarios implicados.

(2) Acuerdos/Convenios entre las empresas, Proveedores y aliados: aplica en los eventos diferentes a las transacciones de tipo comercial. Es el caso de programas de desarrollo generados entre las partes. Puede incluir o no algún aliado que apoye esta gestión. Estos acuerdos rigen el comportamiento entre ellas en el contexto del relacionamiento y, también, puede constar de: (a) un convenio marco que expresa las voluntades de *querer hacer*, y (b) actas de trabajo específicas con voluntades de *hacer*.

la diversidad de proveedores y su naturaleza, además de la vocación empresarial profesada por el Grupo.

(6) La disponibilidad de recursos para la creación y operación del CEP queda determinada por el entendimiento de los decisores en cuanto a su potencial de cara a fortalecer el direccionamiento estratégico de la empresa.

(7) Como toda construcción colectiva, la permanencia de un CEP se da hasta que sus participantes lo decidan. Finaliza cuando no

aporta valor a las partes o estas últimas dejen de existir. Es tarea de los funcionarios responsables del CEP mantener el interés en la participación de los diferentes actores.

(8) El conocimiento especializado, el rigor y la disciplina deben ser la constante de un CE, dada la importancia de los proveedores para una empresa o un grupo de ellas.

Conclusiones

(1) El concepto de CE luce aplicable para asegurar el manejo adecuado de los proveedores y el relacionamiento que una empresa debe tener con ellos, dependiendo del nivel de dependencia mutua y el impacto en la sostenibilidad y competitividad de las partes.

(2) La creación de un CEP conlleva desafíos en su justificación para que sea aprobado como parte de la estructura de una organización. Superada esta fase, se encontraría con dos retos que exigen gestión permanente: *la cultura* interna de la empresa y la de los proveedores. Esto último se traduce en la necesidad de construir una visión empresarial compartida que signifique sostenibilidad para las partes y para la sociedad en su conjunto. Un análisis y profundización de los argumentos justificatorios del CEP, planteados en este documento, más otros posibles, se espera que aporten a una decisión positiva respecto a su creación.

(3) En este contexto, entender los conceptos de Campo de Relacionamiento (CR) y el doble rol de una empresa como cliente cuando adquiere B&S, o proveedor cuando vende su producto al mercado, así como la formación de las redes y cadenas productivas con sus respectivos relacionamientos, también aporta argumentos para la creación de un CEP en una empresa.

(4) De igual manera, delegar en el CEP la comprensión y el análisis de los conceptos que este documento presenta, como mercado, los fenómenos o fuerzas variables allí presentes (la mayoría de carácter cualitativo y exógeno), es un reto importante que sin duda eleva el perfil profesional y el nivel de compromiso de sus integrantes.

(5) Específicamente, para el Grupo EPM la creación de un CEP se justifica por la variedad de negocios, las características de los mismos,

Referencias

Arias Z., G. (2009). *Modelo del relacionamiento proveedor-cliente empresarial basado en dinámica de sistemas. Tesis de grado*. Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana.

Coughlan, T., & Bernstein, G. (2017). Centers of Excellence: Management within multinational corporations. *Journal of management an innovation*. 3(1), 1-24.

Faghihi, P. (2009). Center of Excellence (CoE) Framework: Training & Development. *Journal of the Quality Assurance Institute*, 23(4), 11-13.

Grinspun, Librado, R., & Góngora, A. (Noviembre de 2005.). *Centros de Excelencia en enfermería de rehabilitación: Un sueño a alcanzar. N° 7*. Obtenido de Revistas UM: www.um.es/eglobal/

Kofman, F. (2012). *La empresa consciente: Cómo construir valor a través de los valores*. 1ª Ed. Buenos Aires: Aguilar, Altea. Taurus. Alfaguara,.

Marciniak, R. (2012). Center of Excellence as a next step for shared service center. *Journal of International Scientific Publication: Economy & Business*.

Porter, M. E. (Enero de 2011.). *La creación de valor compartido*. Harvard Business Review-América Latina.

Reger, G., & Zafrane, C. E. (2002). Managerial Implications of the resarch on center of excellence – A conceptual view. Conferencia en Cambridge, UK: IEEE International Engineering Management Conference.

Cómo citar este artículo:

Arias Zabala, G. A. (2019). Centro de Excelencia Proveedores (CEP). En: Revista EPM, (14). p. 11-29



¿En cuáles países de América Latina tomarías agua de la llave?

¿In which Latin American countries would you drink tap water?

Elizabeth Naranjo Cardona

Gerencia Desarrollo e Innovación EPM

elizabeth.naranjo@epm.com.co

María Yorladis Bolívar Marín

Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento EPM

maria.bolivar@epm.com.co

Juliana Montoya Montoya

Especialista en Gerencia de Proyectos

juliana.montoya@epm.com.co

Resumen

Este artículo presenta los resultados del ejercicio de comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y valores reglamentados en las diferentes normas de calidad de agua potable de Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay, los cuales hacen parte de la Asociación Latinoamericana de Operadores de Agua y Saneamiento (ALOAS),

tomando como referencia lo definido en la cuarta edición de las Guías para la Calidad del Agua de la Organización Mundial de la Salud-OMS. Esto con el fin de determinar cuáles son los indicadores más eficientes para evaluar la inocuidad del agua de consumo y motivar la revisión y actualización de las normativas locales.

Palabras clave:

Valor Guía, Indicador de calidad del agua, Inocuidad del agua, Características organolépticas, Agua potable

Key words:

Guide value, Water quality indicator, Water safety, Organoleptic characteristics, Drinking water.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece unas guías o directrices para la calidad del agua potable que son la pauta de referencia internacional para el establecimiento de los estándares y la seguridad del agua potable. El propósito principal de estas normas (Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable) es la protección de la salud pública mediante el apoyo y la aplicación de estrategias de administración que aseguren la calidad de los suministros de agua potable a través del control de los compuestos riesgosos o peligrosos del agua.

Estas estrategias incluyen estándares regionales o nacionales desarrollados con bases científicas. Además, en estas normas se describen los procedimientos mínimos de prácticas seguras para proteger la salud de los consumidores y derivan en valores guía para compuestos en el agua o indicadores de la calidad del agua.

Hasta el momento se han publicado cuatro ediciones de las Guías de Calidad de Agua Potable. Las últimas directrices consignadas en la cuarta edición son el producto de significativas revisiones realizadas para aclarar y explicar el modo de implementar las recomendaciones sobre la identificación de los peligros del contexto y la gestión de riesgos, mediante el establecimiento de metas sanitarias, planes de seguridad (PSA) que abarquen el proceso desde la captación hasta el consumo del agua y mecanismos de vigilancia independientes (World Health Organization, 2011).

Los objetivos basados en la salud, incluidos los valores numéricos de las directrices y otros objetivos descritos en estas guías, no están destinados a ser límites obligatorios, pero se proporcionan como punto de partida científico para el desarrollo de normas numéricas regionales de calidad de agua potable. Ningún enfoque único es universalmente aplicable, ya que la naturaleza y la forma de los estándares de agua potable pueden variar entre países y regiones. Al desarrollar estándares nacionales de agua potable basados en estas pautas, será necesario tener en cuenta una variedad de factores ambientales, sociales, culturales, económicos, la dieta y otras condiciones que afectan la exposición potencial. Esto puede llevar a normas nacionales que difieren apreciablemente de estas guías, tanto en el alcance como en los objetivos de riesgo.

Un programa basado en objetivos modestos, pero realistas (incluyendo menos parámetros de calidad del agua de interés prioritario para la salud, en niveles alcanzables y consistentes con proporcionar un grado razonable de protección de la salud pública, en términos de reducción de la enfermedad o riesgo de enfermedad dentro de la población), puede lograr más que un exceso de metas ambiciosas, especialmente si los objetivos se actualizan periódicamente.

1. Concepto de Valor Guía

Las guías de la OMS giran alrededor de un concepto que es importante destacar y difundir. Ese concepto es el de Valor Guía, que sirve para estimar la calidad del agua de bebida.

Un Valor Guía representa la concentración de un componente que no supone un riesgo significativo para la salud del consumidor si éste bebe el agua durante toda su vida (...) La calidad definida en las Guías para

la calidad del agua potable es la adecuada para el consumo humano y para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Cuando se sobrepasa un Valor Guía, esto se debe considerar como una indicación de que es preciso: investigar la causa con miras a tomar medidas correctivas y solicitar el asesoramiento de las autoridades responsables de la salud pública (Solsona, 1999, pág. 4)

2. Planteamiento del problema y metodología aplicada para el ejercicio comparativo

La reglamentación colombiana, mediante la Resolución 2115 de 2007, señala las características para la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Los microorganismos elegidos como indicadores microbiológicos para determinar la inocuidad de la calidad el agua para consumo son Coliformes Totales, *E. coli*, *Giardia* y *Cryptosporidium*, el primero de los cuales es cuestionado porque no es un indicador exclusivo de contaminación fecal, ya que su presencia se puede deber a otras fuentes diferentes a esta. Lo anterior motivó a EPM para realizar una revisión técnica de las normativas internacionales de la calidad del agua potable (en especial normatividades de otros países de América Latina), estableciendo como línea base de comparación los parámetros y concentraciones de las sustancias definidas en la cuarta edición de las Guías para la Calidad del Agua de la OMS, con el fin de determinar cuáles son los indicadores más eficientes para evaluar la inocuidad del agua de consumo y sus valores guía.



Imagen 2 - Uso de agua potable.

Para realizar este ejercicio se envió una invitación desde EPM a los operadores de agua potable miembros de ALOAS que estuvieran dispuestos a compartir sus normativas locales, establecer lazos de cooperación técnica, basados en las experiencias operativas y normativas, y someter a comparación los parámetros y valores guía de sus normas. A esta invitación respondieron 10 operadores miembros de ALOAS pertenecientes a los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.



La información se recopiló y se graficaron cada uno de los parámetros y valores fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en cada una de las normativas, y se compararon con los establecidos en las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable de la cuarta edición (2011); además, se realizaron videoconferencias por grupos de operadores que permitieron compartir experiencias técnicas y operativas que enriquecieron el conocimiento de los profesionales participantes de este ejercicio.



Figura 1. Metodología empleada para el ejercicio comparativo.

3. Resultados

En la realización del ejercicio, el primer parámetro de comparación fue el año de publicación de las normas que regulan la calidad de agua potable en el país de cada miembro participante, con relación al año de publicación de la última edición de las Guías para la Calidad del Agua de la OMS (2011).

En el Gráfico 1 se muestran los países participantes y el año de origen de la respectiva norma que las regula.

Año origen y/o revisión Normativa de Agua para Consumo Humano

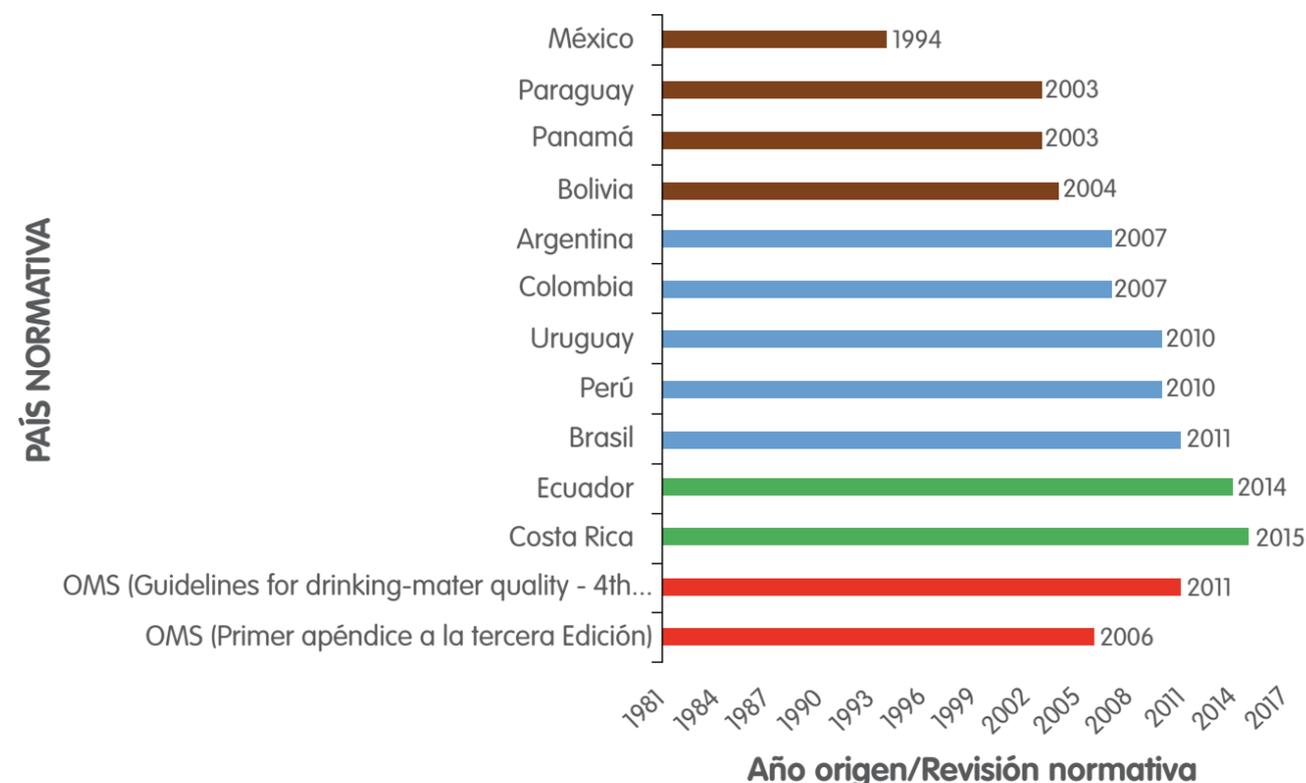


Gráfico 1. Año de origen de la normatividad vs Año de revisión

Las normativas, según el año de publicación, son en orden ascendente: México, Panamá, Paraguay, Bolivia, Argentina, Colombia, Uruguay, Perú, Brasil, Ecuador y Costa Rica. Actualmente, en México se encuentran elaborando el anteproyecto de norma para la revisión y modificación de la norma emitida en el año 1994.

Las normativas de agua para consumo humano de Ecuador y Costa Rica presentan el año de emisión más reciente, 2014 y 2015, respectivamente. Estos países tienen en común el uso de la versión 2011 de las Guías de la OMS para la revisión y el establecimiento de su normatividad, lo cual muestra una buena práctica que deberían adoptar los diferentes países al realizar revisiones y actualizaciones periódicas en función de las publicaciones de la OMS.

3.1. Sustancias químicas que afectan la aceptabilidad

La mayoría de los consumidores no disponen de medios para juzgar por sí mismos la seguridad del agua que consumen, pero su actitud hacia el agua de consumo y hacia sus proveedores de agua se verá afectada en gran medida por los aspectos de la calidad del agua que son capaces de percibir con sus propios sentidos. Por tanto, debe darse una prioridad máxima al suministro de agua de consumo que, además de ser inocua, tenga un aspecto, sabor y olor aceptables. El agua cuyas características organolépticas sean inaceptables minará la confianza de los consumidores, generará quejas y, lo que es más importante, puede conducir al consumo de agua de fuentes menos seguras.

A continuación se presentan algunas sustancias que afectan la aceptabilidad del agua de consumo pero que no producen efectos sobre la salud según la OMS, la Guía define las siguientes:

Color: idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua puede deberse a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos), asociada al humus del suelo, al hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, o también puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y ser el primer indicio de una situación peligrosa. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancial. La mayoría de las personas puede percibir niveles de color mayores que 15 unidades de color verdadero

(UCV) en un vaso de agua. Los consumidores suelen considerar aceptables niveles de color menores que 15 unidades de color total (TCU), pero la aceptabilidad puede variar. Un nivel de color alto también puede indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección (World Health Organization, 2006, pág. 186).

En la cuarta edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS, no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el color en el agua de consumo. En este ejercicio comparativo se observa que los 11 países evaluados establecen en su normativa de agua de consumo un Valor Guía para el parámetro color; 9 países de los evaluados establecen un valor máximo de referencia igual a 15 UCV, Argentina establece en su norma un valor inferior y México un valor por encima de esta recomendación por aceptabilidad organoléptica.

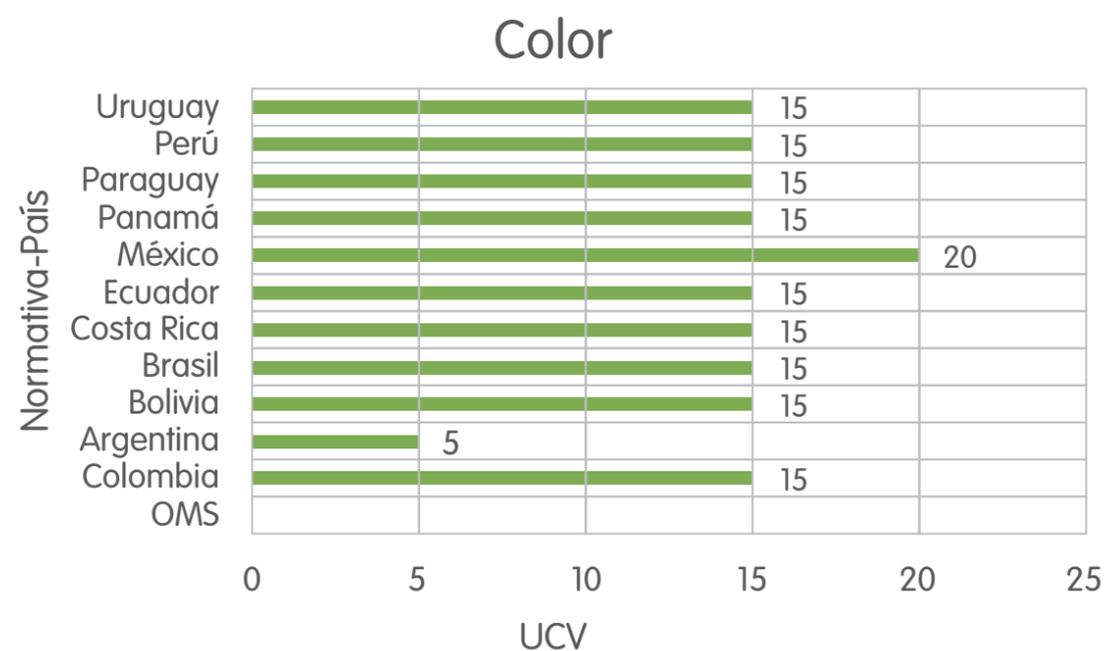


Gráfico 2. Color

Turbiedad: está causada en el agua de consumo por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la re-suspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución.

El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales. Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta el agua a un tratamiento de desinfección, su turbiedad debe ser baja para que el tratamiento sea

eficaz. Además, la turbiedad también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación, sedimentación y filtración. Aunque la OMS no ha propuesto valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbiedad, idóneamente debe ser en promedio menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz. Los cambios en la turbiedad son un parámetro importante de control de los procesos (World Health Organization, 2006, pág. 189).

Siete de los 11 países analizados (Perú, Paraguay, México, Ecuador, Costa Rica, Brasil y Bolivia) establecen un Valor Guía de 5 UNT; Argentina establece un valor guía para este parámetro de 3UNT, Colombia de 2UNT, mientras que Uruguay y Panamá establecen un valor más restrictivo de 1UNT.

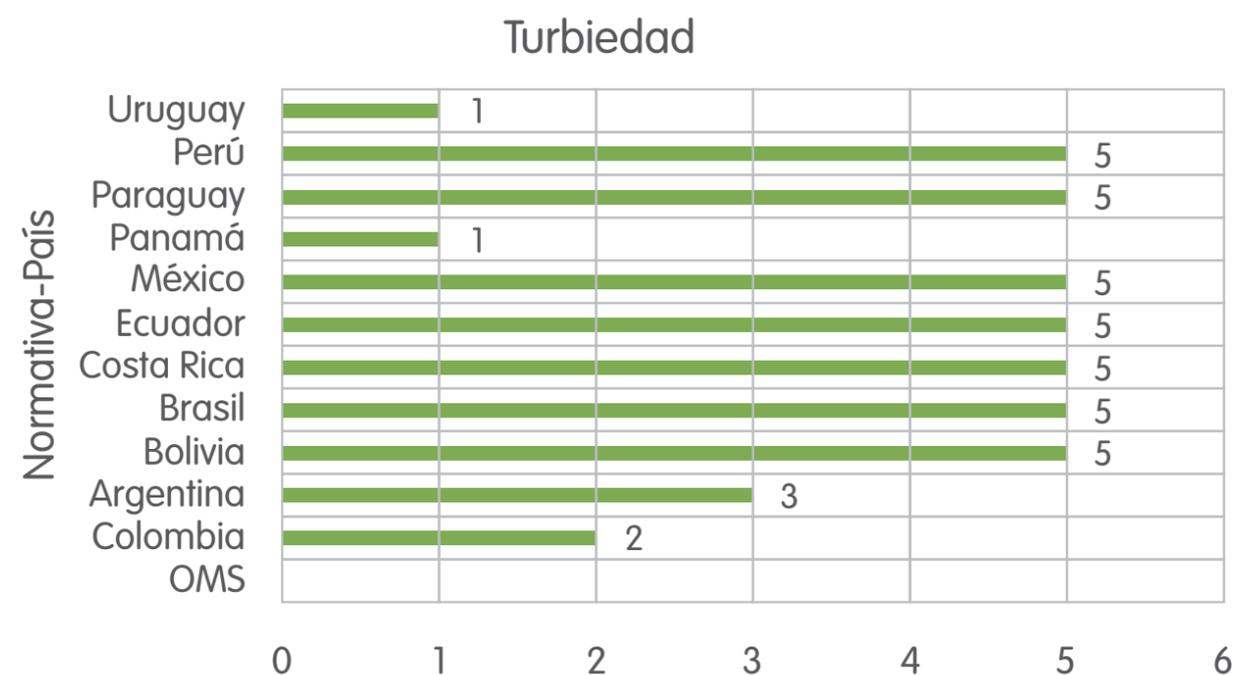


Gráfico 3. Turbiedad

Aluminio: las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua. La presencia de aluminio en concentraciones mayores que 0,1-0,2 mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del flóculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. Por lo tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de reducir al mínimo la presencia de residuos de aluminio en el sistema de abastecimiento. En buenas condiciones de funcionamiento, pueden alcanzarse, en muchas circunstancias, concentraciones de aluminio menores que 0,1 mg/l. Los datos científicos disponibles no permiten calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el aluminio en el agua de consumo (World Health Organization, 2006, pág. 247).

En la primera edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable, publicada en 1984, se estableció un valor de referencia de 0,2 mg/l para el aluminio, basado en consideraciones relativas a las características organolépticas del agua, como valor de referencia, teniendo en cuenta la utilidad del uso

de compuestos de aluminio en el tratamiento del agua y el objetivo de evitar la coloración que puede observarse si quedan concentraciones superiores a 0,1 mg/l en el agua distribuida. En las Guías de 1993, en el apéndice de las Guías publicadas en 1998, al igual que en la tercera y cuarta edición, no se recomendó ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud, pero confirmaron una concentración de 0,2 mg/l en el agua de consumo.

No obstante, teniendo en cuenta los efectos beneficiosos del uso de aluminio como coagulante en el tratamiento del agua y también los posibles efectos perjudiciales del aluminio para la salud, es decir, su posible neurotoxicidad, se calculó una concentración factible, basada en la optimización del proceso de coagulación en plantas de tratamiento de agua de consumo que utilizan coagulantes que contienen aluminio, para reducir al mínimo las concentraciones de aluminio en aguas tratadas (World Health Organization, 2006, pág. 247).

En el ejercicio comparativo se observó que 9 países de 11 evaluados se rigen por la recomendación de la OMS de permitir como máximo 0,2 mg/l para que no cause quejas de los consumidores. Bolivia es más estricto y establece niveles inferiores de 0,1 mg/l; Ecuador no establece un valor guía.

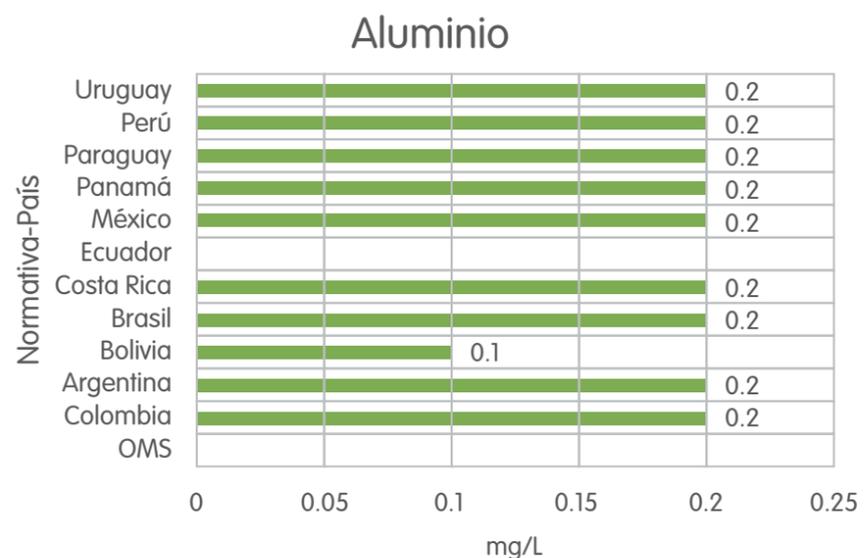


Gráfico 4. Aluminio

Zinc: le confiere al agua un sabor astringente indeseable y su umbral gustativo (como sulfato de zinc) es de aproximadamente 4 mg/l. El agua con concentraciones de zinc mayores que 3-5 mg/l puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir. Aunque el agua de consumo rara vez contiene zinc en concentraciones mayores que 0,1 mg/l, los niveles en el agua de grifo pueden ser sustancialmente mayores debido a su uso en materiales de fontanería galvanizados antiguos (World Health Organization, 2006, pág. 189).

La OMS no ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el zinc en el agua de consumo. Cinco de los 11 países evaluados (Panamá, México, Brasil, Bolivia, y Argentina) establecen un valor guía para este parámetro de 5 mg/l; Uruguay 4 mg/l; Colombia, Costa Rica y Perú 3 mg/l, mientras que Ecuador y Paraguay no establecen valor guía para este parámetro.

Por otra parte, también se presentan algunas sustancias químicas usadas en el tratamiento

del agua o procedentes de materiales en contacto con el agua cuya presencia en el agua de consumo pueden afectar a la salud, según la OMS.

Cloro: se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. Está presente en la mayoría de las aguas de consumo desinfectadas, en concentraciones de 0,2-1 mg/l. No obstante, es normal proporcionar al agua una concentración residual de cloro de unas pocas décimas de miligramo por litro para que actúe como conservante durante su distribución. El valor de referencia es conservador, ya que en el estudio crítico no se determinó una dosis sin efecto adverso. La mayoría de las personas perciben el sabor del cloro cuando su concentración es la del valor de referencia. La cuarta edición de las Guías para la calidad del agua potable estableció un valor de referencia de 5 mg/L

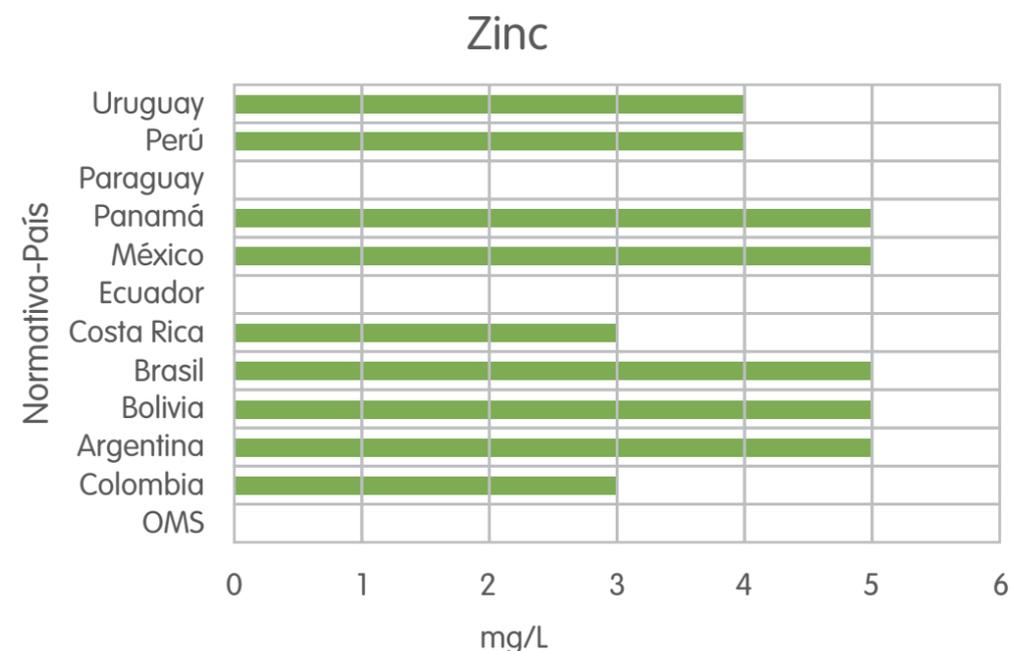


Gráfico 5. Zinc

basado en efectos sobre la salud; además, aclara que el cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos. Para una desinfección eficaz, debe ser una concentración residual de cloro libre $\geq 0,5$ mg / l después de al menos 30 minutos de tiempo de contacto a pH $<8,0$. El residual de cloro debe mantenerse durante todo el sistema de distribución. En el punto de la entrega, el mínimo residual de concentración de cloro libre debe ser de 0,2 mg/L (World Health Organization, 2006, pág. 263).

El valor guía inferior de 0,2mg/L lo establecen en su normatividad Argentina, Bolivia, Brasil y México; 0,3mg/L Colombia, Costa Rica y Ecuador; 0,5mg/L Perú y 0,8mg/L Panamá. Los demás Países evaluados en este ejercicio no tienen establecido un valor mínimo de referencia. Por otro lado, el valor guía máximo de 5mg/L lo adoptó en su normatividad Perú, mientras que Uruguay establece un valor máximo de 2,5mg/L. Por su parte, Colombia, Brasil y Paraguay lo establecen en 2mg/L; Bolivia y México en 1mg/L y Costa Rica en 0,6mg/L. Solo Argentina no tiene establecido un valor máximo de referencia.

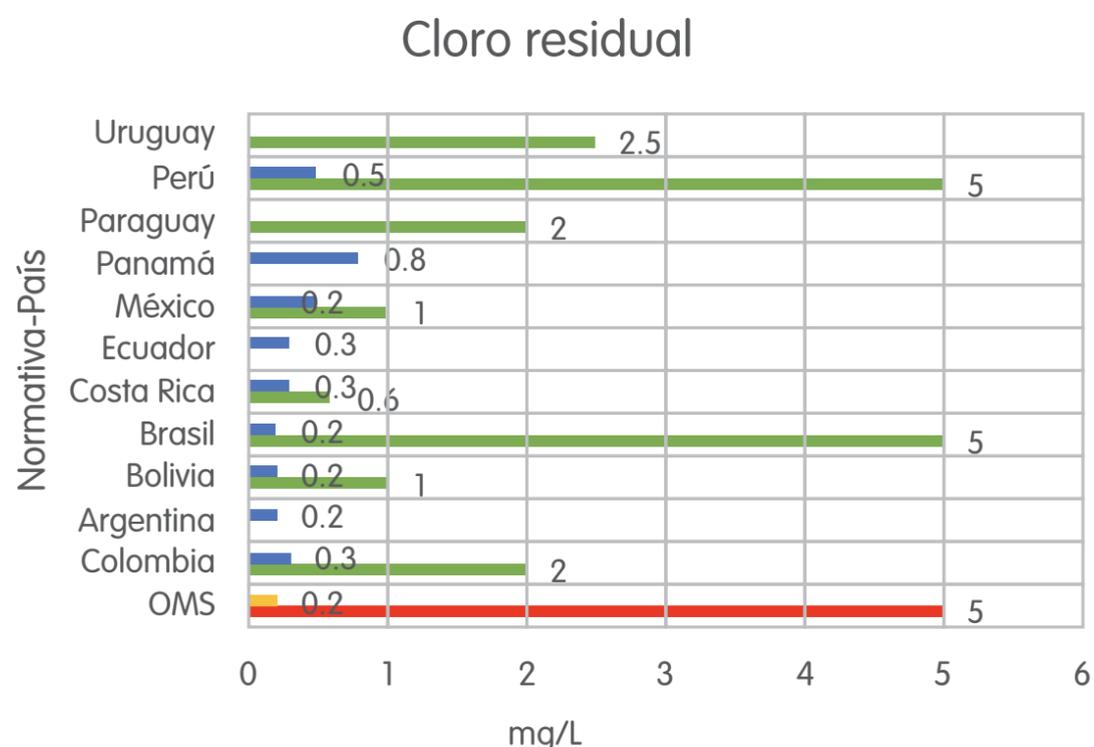


Gráfico 6. Cloro residual

Cobre: es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo. Tiene muchos usos comerciales: se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios de fontanería, así como en aleaciones y revestimientos. En ocasiones se añade sulfato de cobre pentahidratado a las aguas superficiales para el control de algas. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo varían mucho, y la fuente principal más frecuente es la corrosión de tuberías de cobre interiores. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (>1 mg/l). La concentración de cobre en el agua tratada suele aumentar durante su distribución, sobre todo en sistemas con pH ácido o en aguas con concentración alta de carbonato, con pH alcalino. Las fuentes principales de exposición al cobre en los países desarrollados son los alimentos y el

agua. El consumo de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo de sistemas de distribución con tuberías o accesorios de cobre puede hacer aumentar considerablemente la exposición diaria total al cobre, especialmente en lactantes alimentados con leche materna en polvo reconstituida con agua de grifo. Las concentraciones en el agua de consumo varían de $<0,005$ hasta >30 mg/l, principalmente como resultado de la corrosión de tuberías internas de cobre. Los tratamientos convencionales no eliminan el cobre. No obstante, el cobre no es un contaminante habitual del agua cruda (World Health Organization, 2006, pág. 270).

La cuarta edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable estableció para el cobre un valor de referencia de 2mg/L, basado en efectos sobre la salud. Este valor fue adoptado en las normatividades de Perú, México, Ecuador, Costa Rica y Brasil; mientras que Uruguay, Panamá, Bolivia, Argentina y Colombia establecen un valor inferior de 1mg/L. Solo Paraguay no define un valor de referencia para este parámetro.

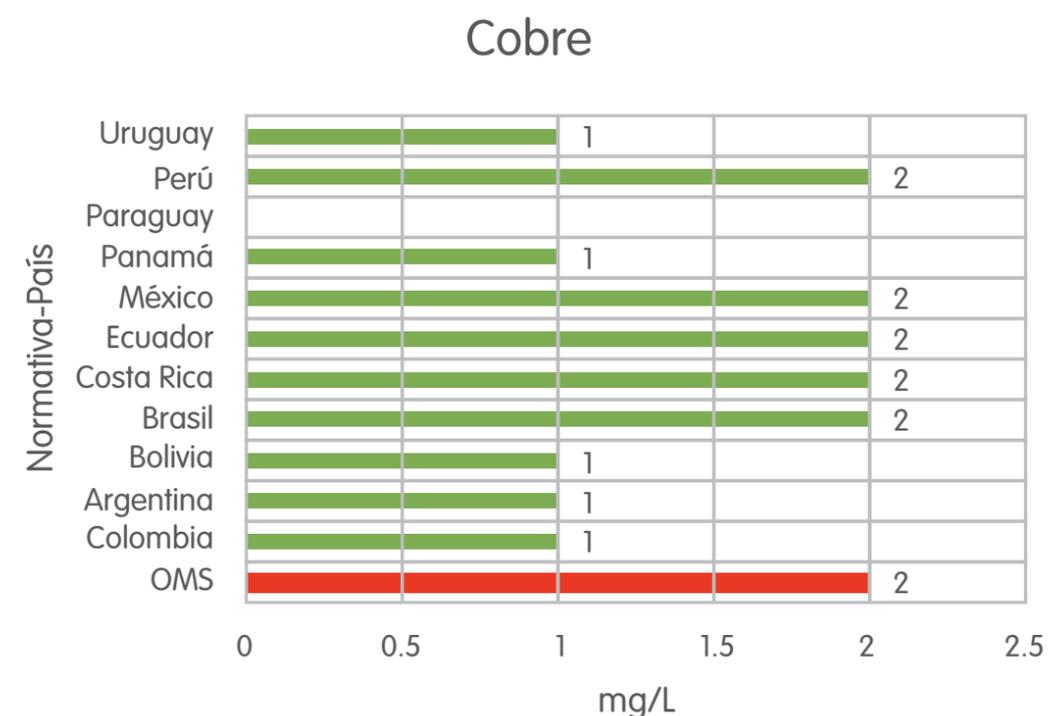


Gráfico 7. Cobre

3.2 Contaminantes microbiológicos

La verificación de la calidad microbiana del agua potable generalmente incluye pruebas para *Escherichia coli* (*E. coli*) como indicador de contaminación fecal. En la práctica, las pruebas de bacterias coliformes fecales termo-tolerantes o termo-resistentes puede ser una alternativa aceptable en muchas circunstancias. Sin embargo, aunque *E. coli* es útil, tiene limitaciones. Los virus entéricos y los protozoos son más resistentes a la desinfección y, en consecuencia, la ausencia de *E. coli* no necesariamente indicará que el agua está libre de estos organismos. En determinadas circunstancias, la inclusión de indicadores más resistentes, como bacteriófagos y/o esporas bacterianas, deben ser consideradas. (World Health Organization, 2006, pág. 33).

Las Guías de la OMS recomiendan el análisis de este grupo de microorganismos según la etapa del proceso que se desee evaluar:

- Validación del proceso de tratamiento, es decir, la evaluación en las diferentes etapas del proceso de potabilización.
- Evaluación operacional, evaluación en red de distribución y en tanques de almacenamiento.

- Para la verificación y vigilancia: la que se realiza para la verificación de inocuidad microbiológica por las autoridades sanitarias.

Los mayores riesgos para salud pública de los microbios en el agua están asociados con consumo de agua potable que es contaminado con excrementos humanos y de animales, aunque otras fuentes y rutas de exposición también puede ser importantes. Las Guías para la Calidad del Agua Potable relacionan los organismos para los cuales hay evidencia de estudios de brotes o estudios prospectivos en situaciones sin brotes, de enfermedades causadas por ingestión de agua potable, inhalación de gotitas de agua o contacto dérmico con agua potable y su prevención y control; además, proporcionan información detallada adicional sobre patógenos individuales transmitidos por el agua, así como para microorganismos indicadores.

La seguridad microbiana del agua potable no está relacionada solo con la contaminación fecal. Algunos organismos crecen en sistemas de distribución de agua por tubería (por ejemplo, *Legionella*, *Pseudomonas*, entre otros), mientras que otros ocurren en aguas de origen (por ejemplo, el gusano de Guinea *Dracunculus o. medinensis*) y pueden causar brotes y casos



individuales. Algunos otros microbios (por ejemplo, cianobacterias tóxicas) requieren de

enfoques de gestión específicos (World Health Organization, 2006, pág. 191)

Verificación de la inocuidad microbiológica del agua con el uso de microorganismos indicadores			
Microorganismo(S)	Tipo de monitoreo		
	Validación de proceso	Operacional	Verificación y vigilancia
<i>E. coli</i> (o termo tolerantes)	No aplicable	No aplicable	Aplicable (indicador fecal)
Coliformes totales	No aplicable	Aplicable*	No aplicable
Heterótrofos conteo en placa 500 UFC/mL	Aplicable **	Aplicable*	No aplicable
<i>Clostridium perfringens</i>	Aplicable ***	No aplicable	No aplicable
Colifagos, fagos de <i>Bacteroides fragilis</i> , Enterovirus	Aplicable ***	No aplicable	No aplicable

Notas:
 *Indicador de limpieza e integridad de los sistemas de distribución.
 **Indicador de la efectividad de desinfección de bacterias e indicador de limpieza e integridad de los sistemas de distribución.
 *** Indicador de efectividad de desinfección y de procesos de remoción física de virus y protozoos. Para el caso de *Clostridium perfringens* depende del tipo de tratamiento. Podrían utilizarse para la verificación cuando se sabe que las aguas de origen están contaminadas con virus y protozoos, pero en el caso de *Clostridium perfringens* se debe tener en cuenta que puede estar presente cuando los patógenos ya están muertos.

Tabla 1. Uso de organismos indicadores en el monitoreo. Tomada de Guidelines for Drinking-Water Quality - 4th ed Tabla 7.9. (World Health Organization, 2011, pág. 148)

En la tabla 2 se relacionan los microorganismos indicadores exigidos en los países que participaron del ejercicio comparativo vs Los

indicadores microbiológicos, recomendados en las Guías de Calidad del Agua de la OMS en su cuarta edición.

Microorganismo(S) Indicadores según OMS	Tipo de monitoreo para el que se recomienda	Colombia	Bolivia	Costa Rica	Ecuador	Perú	Panamá	Paraguay	México	México Propuesta	Brasil	Argentina	Uruguay
<i>E. coli</i> (o termotolerantes)*	Verificación y Vigilancia	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Coliformes totales**	Operacional (no como indicador fecal)	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Heterótrofos conteo en placa 500 UFC/mL	Validación de proceso operacional	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
<i>Clostridium perfringens</i>	Validación de proceso *Opcional de vigilancia	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Colifagos, fagos de <i>Bacteroides fragilis</i> , Enterovirus	Validación de proceso *Opcional de vigilancia	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Tabla 2. Verificación de la inocuidad microbiológica del agua con el uso de microorganismos indicadores.

De acuerdo con los resultados obtenidos, sería oportuno que los operadores de los diferentes países realicen la validación de la inocuidad microbiológica de la calidad del agua a través de microorganismos indicadores, teniendo en cuenta el tipo de monitoreo, pues su utilidad

Conclusiones

- Es esencial que cada país revise sus necesidades y capacidades de desarrollar una estructura regulatoria. Aunque las normas describen una calidad de agua que es aceptable para el consumo durante toda una vida, su implementación, incluyendo los valores guía, no implica que la calidad del agua potable tenga que ser degradada a un valor recomendado. De hecho, tiene que haber un esfuerzo continuo para mantener la calidad del agua potable en el más alto nivel posible.
- Para los parámetros que se presentan en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos, es recomendable que se adopten como parámetros para el monitoreo operativo y no de vigilancia en la red de distribución.
- Para los parámetros que pueden afectar la aceptabilidad del agua se recomienda que su análisis se realice siempre y cuando estén asociados a quejas de los consumidores por los motivos de sabor, olor y apariencia. Esto genera: eficiencia porque prioriza los costos de los análisis y eficacia porque permite determinar la causa de la queja y adelantar la gestión correspondiente.

dependerá de la etapa del proceso que se desee evaluar. La elección del indicador apropiado evitará la incursión en costos adicionales por repetición de análisis de verificación o la realización de análisis de alta complejidad en busca del patógeno directamente.

- Para los parámetros que se presentan en el agua de consumo en concentraciones que pueden afectar la salud, se recomienda que cada país revise sus necesidades y capacidades de desarrollar una estructura regulatoria de estas sustancias, para establecerlas como parámetros en el plan de vigilancia de acuerdo con el nivel de riesgo o peligrosidad, comportamiento histórico de datos y factores epidemiológicos.
- Es recomendable que los países realicen revisiones de las normas conforme a la última versión de OMS, especialmente porque esta organización determina los valores de referencia basados en estudios epidemiológicos, ampliando o disminuyendo los valores de referencia.
- Son recomendables metas operativas que busquen obtener los valores de turbiedad más bajos que sean posibles, toda vez que los microorganismos patógenos a menudo se agregan o adhieren a los sólidos en suspensión en el agua, por lo que la medida de la turbiedad cobra importancia como un indicador de inocuidad microbiológica.

Referencias

Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). *Resolución 2115. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Obtenido de: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Solsona, F. (9-10 de septiembre de 1999). *Las Guías para la calidad del agua potable y las normas de calidad de agua de los países del Mercosur*. Obtenido de [bvsde.ops-oms.org: http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/guias.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/guias.pdf)

Agradecimientos

A la Vicepresidencia Agua y Saneamiento y a la Unidad Gestión del Rendimiento de EPM por la revisión y divulgación de los resultados en el

World Health Organization. (2006). *Guías para la calidad del agua potable Primer apéndice de la tercera edición*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf

World Health Organization. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality- Fourth Edition*. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf

marco del Congreso del Comité Directivo del WOP - LAC (Water Operator Partnership para Latinoamérica y el Caribe) 2017.

Cómo citar este artículo:

Naranjo Cardona, E., Bolívar Marín, M. Y., Montoya Montoya, J. (2019). ¿En cuáles países de América Latina tomarías agua de la llave? En: *Revista EPM*, (14). p. 31-45



Análisis post operativos como una estrategia para mejorar el proceso de recolección y transporte de aguas residuales en el Valle de Aburrá

Post-operative analysis as a strategy to improve the wastewater collection and transport process in the Aburrá Valley

**Lina Julieth
Cano Casas**

Unidad Operación Integrado
Agua y Saneamiento EPM

lina.cano@epm.com.co

**Angélica María
Orozco Gómez**

Unidad Operación Integrado
Agua y Saneamiento EPM

angelica.orozco@epm.com.co

**Juan Esteban
Callejas Giraldo**

Unidad Operación Integrado
Agua y Saneamiento EPM

Juan.callejas.giraldo@epm.com.co

Resumen

Los análisis post operativos son aquellos que se hacen con la información registrada en los sistemas de información de EPM, de las intervenciones cotidianas que se realizan sobre el sistema de alcantarillado de Medellín y demás ciudades que conforman el Valle de Aburrá.

Los análisis se hacen con el fin de buscar acciones de mejora e intervenciones sobre la infraestructura para optimizar el proceso y el funcionamiento del sistema de alcantarillado, con el enfoque de mejorar la efectividad de los trabajos y los tiempos de atención a los usuarios. Son una herramienta para la gestión de los sistemas de alcantarillado porque permiten un análisis global del sistema.

Para realizarlos se recopila de toda la información disponible del sistema de alcantarillado y sus intervenciones, se realizan luego evaluaciones y análisis detallados para definir acciones de mejoras preventivas y correctivas, y finalmente se hace gestión y evaluación sobre las acciones de mejora propuestas.

En este artículo se presenta la metodología usada para la implementación de esta nueva actividad, a cargo de la Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento de EPM, y los resultados que se tienen a la fecha.

Palabras clave:

Análisis post operativos, Mantenimiento, Aguas residuales, Alcantarillado, Caudal, Calidad de datos, Órdenes de trabajo, Sistemas de Información Geográficos.

Key words:

Post-operative analysis, Maintenance, Wastewater, Sewerage, Flow, Data quality, Work orders, Geographic Information Systems.

1. Información básica del sistema de alcantarillado del Valle de Aburrá

El sistema de alcantarillado del área metropolitana del Valle de Aburrá tiene como objetivo realizar la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales de los usuarios en los 10 municipios que conforman lo conforman. El sistema de saneamiento se compone de redes secundarias, colectores e interceptores, así como las plantas para el tratamiento de las aguas residuales. Con este sistema se busca mantener cobertura, calidad y continuidad del servicio de saneamiento.

Para la gestión de las aguas residuales, el área metropolitana del Valle de Aburrá se

encuentra dividido en 57 cuencas sanitarias, delimitadas con base en las quebradas principales que tributan al río Medellín. Hasta la fecha, el sistema de alcantarillado del Valle de Aburrá funciona a gravedad. Las tuberías son circulares, con diámetros que varían desde 150 a 2,100 mm y la mayor parte de ellas (95%) son en concreto. Es un sistema mixto, es decir, en algunos sectores se tienen redes de agua lluvias y residuales separadas y en otros sectores redes combinadas. Los componentes más representativos del sistema de alcantarillado se presentan en la Tabla 1.

Componente	Unidad	Cantidad
Redes secundarias	km	4,228
Redes primarias (colectores e interceptores)	km	389
Cámaras	Un	144,071
Aliviaderos	Un	1,812
Sumideros	Un	75,680

Tabla 1. Componentes del sistema de alcantarillado (consultado en base de datos Gesta, julio 2019. Información interna de EPM).

El mantenimiento y la operación del sistema de alcantarillado del Valle de Aburrá está a cargo de la Unidad Operación y Mantenimiento Aguas Residuales de EPM, dependencia que a su vez está dividida en cinco equipos de trabajo: Mantenimiento correctivo Sur, Mantenimiento correctivo Norte, Mantenimiento preventivo, Atención requerimientos e Investigación y control.

Las actividades operativas que se desarrollan en el proceso se registran en los aplicativos denominados Hidro, FSM (Field Service

Management), y recientemente en Máximo. Allí se consignan todas las solicitudes, tanto las de la comunidad como las generadas por el mismo personal de la Empresa, las cuales se denominan "órdenes internas".

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las cantidades de órdenes que se ejecutaron en el año 2018. Estas actividades se clasifican en tipo preventivo, correctivo y aquellas que implican ejecución de obras y que actualmente se ejecutan mediante contratos.

Equipo	Trabajo	Cantidad órdenes	% órdenes
Atención de requerimientos	Reparación en red	2,942	2.2%
	Reparación de cámara	2,738	2.1%
	Reparación de sumidero	805	0.6%
	Colocación de reja o tapa de sumidero	1,122	0.9%
	Reparación de aliviadero	66	0.1%
Mantenimiento correctivo	Desobstrucción de redes	4,235	3.2%
	Desobstrucción de sumideros	3,395	2.6%
	Colocación tapas cámaras	1,210	0.9%
	Lavado de redes	1,034	0.8%
	Desobstrucción de aliviaderos	541	0.4%
	Inspección de redes con CCTV	16	0.0%
Mantenimiento preventivo	Revisión de sumidero	62,841	47.6%
	Limpieza de sumideros	44,808	34.0%
	Revisión de aliviadero	3,874	2.9%
	Lavado de redes	1,067	0.8%
	Inspección de redes con cámara inspección rápida	866	0.7%
	Inspección de redes con CCTV	321	0.2%
Total		131,881	100.0%

Tabla 2. Cantidad de órdenes ejecutadas en el año 2018 (consultado en base de datos Gesta, julio 2019. Información interna de EPM).

2. Análisis post operativos como función nueva a implementar

A finales del año 2013 EPM creó la dependencia denominada Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento, que hace parte de los procesos Operación del sistema de alcantarillado y Provisión aguas. Actualmente, esta Unidad está dividida en los equipos de Operación, Planeación e Ingeniería de la operación, y una de sus funciones es realizar los análisis post operativos a los procesos de la Vicepresidencia de Agua y Saneamiento, con el propósito de buscar acciones de mejora e intervención en estos procesos, a partir de análisis de las actuaciones, los indicadores y en general del comportamiento de los sistemas.

Durante el año 2017 se desarrolló el procedimiento e instructivo para la implementación de los análisis post operativos del proceso de Recolección y transporte de aguas residuales. En 2018 se inició su implementación y se desarrolló el procedimiento para el proceso de Distribución secundaria de agua potable.

Estos análisis consisten en revisar cada una de las intervenciones que se realizan en los sistemas de acueducto y alcantarillado, con el fin de identificar y proponer acciones de mejoras para aumentar los estándares de trabajo, optimizar los procesos y proponer intervenciones sobre la infraestructura para mitigar fallas o impactos a la comunidad.

3. Metodología definida para los análisis post operativos en el proceso de recolección y transporte de aguas residuales



Figura 1. Actividades de análisis post operativos.

Para la implementación de los análisis post operativos se definieron cuatro actividades

3.1 Recopilación de la información

Esta actividad consiste en identificar las diversas fuentes de información donde se registran las atenciones y los informes y eventos del sistema, tales como Hidro, FSM (*Field Service Management*), bitácora de los centros de control, informes periódicos para la atención de eventos, quejas del sistema, resultados de las investigaciones, sistema de información histórico (SIH) y otros sistemas de información. Al tener identificadas las fuentes de información, se consolida y depura la información para realizar los análisis.

3.2 valuación y análisis detallados

Cuando se recopila la información necesaria se hace necesario realizar, entre otras, las siguientes actividades, como parte de la evaluación que se requiere dentro de este proceso:

básicas que se presentan en la Figura 1.

- Identificación de la causa raíz de los eventos de emergencia, daños y fallas en la infraestructura.
- Análisis del cumplimiento de los planes de mantenimiento.
- Evaluación del estado, la disponibilidad y el tiempo por fuera de servicio de la infraestructura y los componentes de medición y control.
- Revisión de las intervenciones operativas, su tiempo de atención y los recursos utilizados.
- Análisis de la efectividad de las intervenciones en el sistema de alcantarillado.

- Revisión del nivel de coordinación, interacción y aprovechamiento de sinergias para la intervención de la infraestructura y la atención de eventos o emergencias.
- Revisión de acciones y maniobras que no agregan valor al proceso.
- Validación de la calidad y oportunidad de la información y los reportes de operación que se generan.
- Estudio de los resultados y el cumplimiento de los objetivos en comparación con los planes definidos.

3.3 Definición de acciones correctivas, preventivas y/o de infraestructura

A partir de los análisis realizados en el numeral anterior, se proponen acciones, intervenciones

y/o cambios en las intervenciones o en los procedimientos para la optimización de los procesos y/o mejoras en los estándares de atención a la comunidad. Igualmente, se propone la reposición de redes y también las obras de infraestructura cuando se considera necesario.

3.4 Gestión y evaluación de las acciones definidas

El último paso del proceso es realizar las gestiones necesarias para que las acciones e intervenciones que se identificaron en el numeral anterior se implementen y, posteriormente, se evalúa su eficacia. Con este objetivo se establecen mecanismos de comunicación, como informes y reuniones periódicas que permitan divulgar las propuestas y evaluar los resultados de la implementación de las mismas.



4. Resultados de la implementación de los análisis post operativos 2017-2018

Para el caso de análisis posoperativos del proceso de recolección y transporte de aguas residuales se tienen definidas cuatro temáticas

para sus análisis, las cuales se muestran en la Figura 2.



Figura 2. Aspectos analizados en el año 2018

4.1 Análisis de órdenes de trabajo ejecutadas en campo

En esta temática se analizaron las principales actividades del mantenimiento correctivo y preventivo que representan la mayor cantidad en costos y número de órdenes. Los trabajos analizados son los siguientes:

- Reparación en red, cámara y sumidero.
- Colocación de reja de sumidero.
- Desobstrucción de redes y sumideros.
- Colocación de tapas en cámaras de inspección.
- Lavado de redes.
- Inspección de redes con CCTV.

Con el propósito de evaluar las actividades realizadas, en los aplicativos de gestión de las solicitudes existe un campo denominado efectividad, que permite determinar si se cumplió con el objeto de la actividad. Si por alguna circunstancia no fue logrado el propósito del trabajo, en el sistema queda registrado que la orden fue no efectiva y, además, se ingresa una causa de no efectividad. Esta causa permite conocer las razones por las cuales, después de atender una actividad, no se logró su propósito.

El análisis de la efectividad realizado en el marco de los análisis post operativos, evalúa los resultados de las acciones del mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de identificar los trabajos en los cuales se presentan las efectividades más bajas, cuáles son las causas de no efectividad, los costos asociados a las órdenes no efectivas, el desempeño de

los indicadores por zonas operativas y su evolución en el tiempo. De esta manera, es posible detectar desviaciones en las tendencias, comportamientos anormales en la generación de órdenes, funcionamiento inadecuado en los aplicativos y errores en la generación y descargue de las órdenes, entre otros. Las órdenes no efectivas generan costos para la Empresa y visitas fallidas, que repercuten también en la calidad de la prestación del servicio al usuario.

En la Figura 3 se esquematiza el proceso realizado para analizar la efectividad de las órdenes de trabajo de las principales actividades de mantenimiento de alcantarillado.

Una vez realizados estos análisis se identificaron oportunidades de mejora del indicador de calidad de información y de efectividad, a partir de acciones sencillas como la homologación de definiciones y conceptos entre los diferentes equipos de trabajo. Se realizaron talleres con líderes de los equipos de trabajo, personal contratista e ingenieros de zona, y mediante diferentes actividades grupales se pusieron en común las principales dudas relacionadas con la generación y el descargue de las órdenes. Estos interrogantes fueron aclarados de forma colectiva.



Figura 3. Proceso de análisis de la efectividad en las órdenes de trabajo

Adicionalmente, se realiza el análisis de la calidad de información mediante el seguimiento a la coherencia en los datos que se ingresan a los aplicativos de gestión de órdenes. La coherencia es la correspondencia entre la observación que tiene la orden de trabajo con la efectividad ingresada y la causa de no efectividad en caso de no ser efectiva. Es de gran importancia que la información que reposa en los sistemas sea de buena calidad, toda vez que es el insumo básico para los análisis posteriores que permiten definir: planes de mantenimiento, planes de reposición y sitios en los cuales se requieren intervenciones puntuales y proyectos.

También se identificaron oportunidades de mejora en los procesos mediante el uso de herramientas que permitan identificar de una forma más precisa el sitio donde se presentan los daños, tales como inspección de redes con circuito cerrado de televisión (CCTV) y con cámaras de empuje, entre otros.

Con el análisis de las órdenes de trabajo se identificaron sectores en los cuales se presentan fallas recurrentes. Se realizaron análisis espaciales para encontrar los sitios que tienen muchas visitas en el año, y una vez identificados se propusieron algunas acciones para mitigar



Figura 4. Proceso de análisis de sectores que presentan fallas recurrentes

o evitar las afectaciones a la comunidad. En la Figura 4, se muestran las etapas del análisis de recurrencia de fallas en el sistema de recolección y transporte de aguas residuales.

Para realizar el análisis de condiciones operativas de la red en los sectores identificados se contó con el apoyo del equipo de Investigación y Control de la Unidad Operación y Mantenimiento Aguas Residuales, dependencia de EPM que realiza el reconocimiento en campo de las condiciones de los elementos del sistema e investiga las causas de las diferentes problemáticas que se presentan. Adicionalmente, se cuenta con el

apoyo del equipo de Mantenimiento Preventivo de esta misma unidad, encargado de la inspección de las redes con circuito cerrado de televisión y, con los resultados obtenidos, se puede tener información detallada de las condiciones de las redes. A partir de esta información recopilada en campo se realizan los análisis pertinentes y se proponen diferentes acciones de solución. En la Tabla 3, se presentan algunas de los sitios con la mayor recurrencia de daños y obstrucciones durante los años 2017 y 2018, los análisis previos, las acciones precedentes de mantenimiento preventivo y las propuestas de intervención.

Dirección (todas ubicadas en Medellín)	Nº de órdenes	Cuenca	Observaciones	Acciones
Cr 32 Cl 9 Sur	24	La Aguacatala	La dirección presenta problemas recurrentes de obstrucciones, y en eventos de lluvias las tapas de los MH se salen de su sitio.	Diagnóstico de redes con circuito cerrado de televisión - CCTV para identificar problemas operativos.
Cr 93 A Cl 79	22	La Malpaso	Aliviadero con identificador interno ipid 8504608, con múltiples obstrucciones ocasionadas por elemento de control que se tapona con basuras que ingresan a la red.	Se investigó el estado operativo de la red y se encontró que el elemento de control evita inundaciones aguas abajo, no puede ser eliminado. Se propone aumentar la frecuencia del mantenimiento preventivo.
Cr 93 Cl 48 A	18	La Hueso	Redes con múltiples obstrucciones y vertimiento a fuente hídrica, presencia de raíces.	Se investigó el estado operativo de la red y se encontró que se requiere realizar la pestaña de uno de los aliviaderos del sector, Inspección de red con CCTV, lavado de red y reparación de aliviadero.
Cl 108 Cr 70	17	La Tinajas	Sector con múltiples obstrucciones ocasionadas por presencia de raíces y basuras.	Se inspeccionó la red con CCTV y se encontró alta presencia de raíces y una tubería colapsada. Se realizó lavado con corta raíces y reparación de red.
Cr 11 Cl 54	15	Santa Elena	Red con múltiples obstrucciones causadas por basuras que causan vertimiento en fuente hídrica y obstrucción en aliviadero.	Gestionar la evaluación de la capacidad hidráulica de las redes del sector, según los resultados de la investigación de redes.

Tabla 3. Ejemplos de sectores con recurrencia de fallas.



4.2 Estudio de eventos de lluvias impactantes

Con el aumento de la impermeabilidad de los suelos y la intensidad de las lluvias por el cambio climático, se ha encontrado que durante eventos de lluvias fuertes e intensas se presentan inundaciones en algunos sectores de la ciudad que causan afectaciones a la comunidad, al medio ambiente y a la movilidad.

Para el año 2018 se elaboró una propuesta metodológica para analizar los eventos de precipitación que generaron impactos de inundación significativos y dificultades en la movilidad en el Valle de Aburrá.

Como ejemplo de uno de los eventos de lluvia se encuentra el registrado el 27 de septiembre de 2018. De acuerdo con el informe del evento de precipitación elaborado por el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá -SIATA-, el evento inició a las 11:20 y finalizó a las 20:40, con una duración total de 9 horas y 20 minutos. La estación meteorológica que registró la mayor intensidad fue la localizada en

la Institución Educativa Pedro Nel Gómez, en el sector Noroccidental de la ciudad de Medellín, con un valor de 170.69 mm/hora (SIATA, 2018). De acuerdo con los históricos, esta precipitación corresponde a un evento con un período de retorno en este sector entre los 5 y los 10 años. En esta lluvia se registraron inundaciones en varios sectores de deprimidos en la ciudad, tales como Los Músicos, en Conquistadores, lo mismo que en la Terminal del Norte y la Feria de Ganados. Se reportaron vehículos atrapados en el deprimido de la Terminal del Norte (El Colombiano, 2018). Adicionalmente, en el Centro de Operación Integrado Agua y Saneamiento se tiene registro de 7 solicitudes de cámaras sin tapa y 9 obstrucciones generadas por las lluvias.

Se han identificado algunos sitios críticos que se afectan recurrentemente con estos eventos y que, según los análisis realizados, las inundaciones que han ocurrido son causadas por la dificultad para descargar las aguas a las quebradas o fuentes de agua cuando su nivel se encuentra muy alto.

- Carrera 43 con calle 14 de Medellín, en el sector de Castropol, asociado a una posible insuficiencia hidráulica de la cobertura de la quebrada Castropol.

- Circular 73 con Avenida Nutibara de Medellín, asociado a una posible insuficiencia hidráulica de la cobertura de la quebrada La Matea.

- Deprimidos viales afectados por basuras en los sumideros y residuos vegetales, que producen obstrucciones y con ello afectaciones en la movilidad.

La implementación de esta metodología permitirá evaluar el riesgo que tienen las redes de alcantarillado en estos eventos, con el fin de identificar los sitios con una mayor recurrencia de afectaciones por eventos de lluvias, los sitios con potencial de obstrucciones y levantamiento de tapas de cámaras de inspección y los lugares que requieren una intervención posterior al evento de lluvia para minimizar los riesgos de obstrucciones.

4.3 Evaluación del comportamiento de caudales y de la calidad del agua

En el sistema de alcantarillado se tienen 69 sensores de nivel y/o caudal ubicados en redes principales (colectores e interceptores) para la cuantificación del caudal que es transportado por el sistema. El propósito de la medición es identificar variaciones significativas de caudal, que pueden estar relacionados con colapsos de redes o ingresos de caudales adicionales a la red por desvíos de quebradas o por infiltraciones, entre otros. En el Gráfico 1 se ilustra, mediante una curva típica, el comportamiento del nivel del agua en la red.

También se tienen 8 puntos adecuados para la instalación de sensores de medición de variables de calidad en el agua residual, cuyo objetivo es la identificación de vertimientos que puedan impactar el proceso de tratamiento en las plantas de aguas residuales. El trabajo inicial para llevar a cabo un análisis post operativo corresponde al establecimiento de líneas base o rango operativos, a partir de los cuales

se hace un seguimiento al comportamiento de las diferentes características y se logra la identificación de variaciones significativas frente a estos. Así es posible generar alarmas

y alertas, y la respectiva atención por parte de personal de mantenimiento. En los gráficos 2 y 3 se muestran ejemplos de los rangos operativos de dos variables de calidad del agua residual.

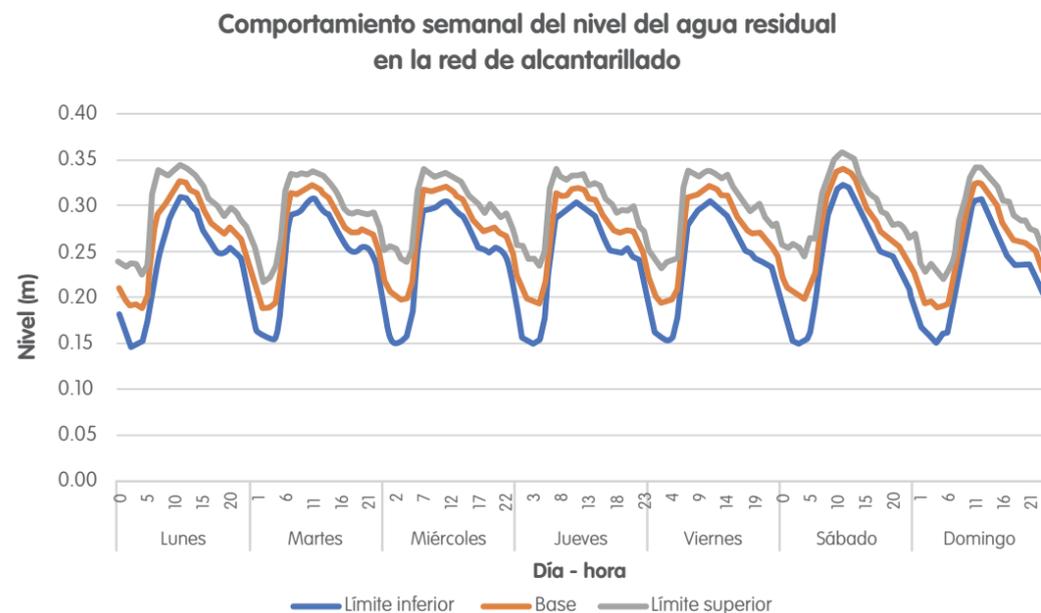


Gráfico 1. Ejemplo de comportamiento del nivel del agua residual en la red.

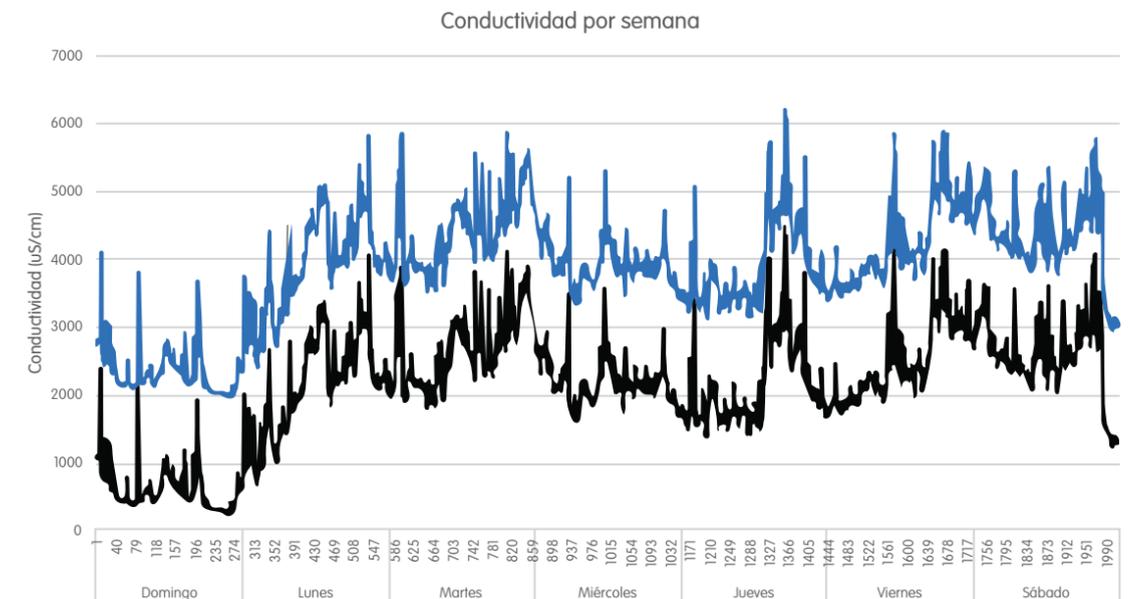


Gráfico 2. Ejemplo de rango operativo de la variable conductividad

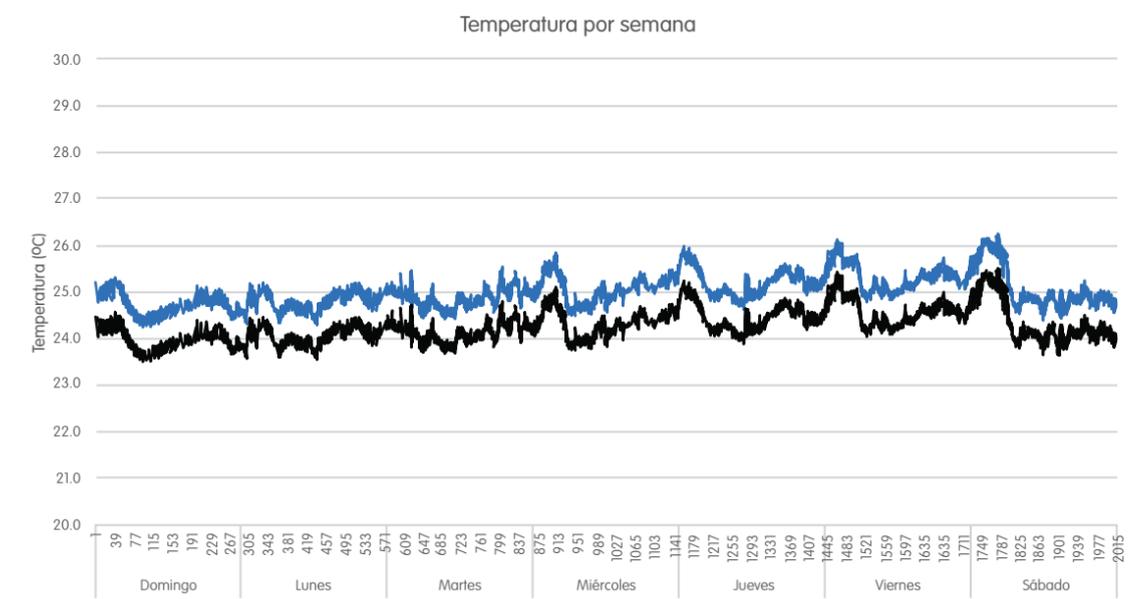


Gráfico 3. Ejemplo de rango operativo de la variable temperatura.

4.4 Análisis de aliviaderos críticos

Los aliviaderos son estructuras muy importantes en el sistema de alcantarillado, especialmente en los de tipo combinado. Se usan para la derivación de los caudales de exceso que se presentan en el sistema en eventos de aguas lluvias a las corrientes de agua o redes de mayor capacidad. Actualmente, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se tienen 1,812 aliviaderos. La obstrucción de una de estas estructuras puede generar vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua. Su mal funcionamiento también puede generar exceso de agua en el sistema aguas abajo y provocar inundaciones. En la Imagen 1 se presenta un aliviadero que en el momento de la visita se encontraba funcionando adecuadamente.

El plan de mantenimiento preventivo de esta infraestructura tiene establecidas unas frecuencias definidas para las revisiones en las que se evalúa el estado de los aliviaderos. En las visitas se identifica si el aliviadero se encuentra en estado operativo, es decir, si cumple su función con normalidad o si está obstruido con

basuras o sedimentos y, por lo tanto, produce vertimientos de agua residual a la corriente de agua en momentos sin lluvias.

El análisis de los aliviaderos críticos tiene como objetivo identificar los aliviaderos que presentan mayor cantidad de obstrucciones y vertimientos de agua residual a las fuentes de agua en determinado período de tiempo, para encontrar la causa de los problemas y proponer acciones que solucionen su funcionamiento inadecuado o mejoren sus condiciones de operación. Este proceso se muestra en la Figura 5 y los resultados en la Tabla 4.

En el primer paso se seleccionaron las actividades que dan cuenta del funcionamiento de los aliviaderos. La revisión de los mismos es una actividad de mantenimiento preventivo y la desobstrucción corresponde al mantenimiento correctivo. En el segundo paso se identificaron los aliviaderos críticos a partir de la información consignada en los aplicativos Hidro y FSM (*Field Service Management*). El tercer paso consistió en la priorización para realizar la investigación de los

aliviaderos que presentaban la mayor cantidad de obstrucciones y vertimientos. Adicionalmente, el Equipo de Mantenimiento Preventivo de EPM solicitó incluir algunos aliviaderos en los que se evidenciaron problemáticas operativas y, por lo tanto, también fueron adicionados al análisis.

Estas visitas fueron realizadas por el Equipo de Investigación y Control de EPM, donde se identificaron las causas de las problemáticas del aliviadero y se dejó un registro fotográfico y en video de su estado. Con los resultados de las visitas de investigación se realizó el análisis de esta información para identificar las posibles alternativas de solución, entre las que se encontraron: levantamiento de las paredes del vertedero del aliviadero, rediseño del aliviadero y de las redes aledañas, y aumento de la frecuencia del mantenimiento preventivo, entre otras.

Este proceso fue implementado en el 2018 y se realizaron 76 visitas de investigación. Con los resultados de las visitas se realizó el análisis de condiciones operativas de estos aliviaderos y en 25 de ellos se necesitan reparaciones menores, en 23 se propuso aumentar la frecuencia del mantenimiento preventivo, 15 requerían un rediseño para mejorar sus condiciones hidráulicas y en los demás casos se realizará monitoreo de su funcionamiento porque en la visita se encontraron en condición operativa. También se tiene previsto realizar seguimiento a los históricos de estos aliviaderos priorizados para monitorear su estado después de las intervenciones y revisar si requiere alguna otra acción.



Figura 5. Proceso para analizar los aliviaderos críticos.

Cantidad de obstrucciones desde 2015 hasta 2018	N° de aliviaderos
11	1
7	3
6	4
5	17
4	19
3	45
Total aliviaderos	89

Tabla 4. Resultados de la priorización de aliviaderos.



Imagen 1. Aliviadero de cañuela elevada.



5. Retos

Dentro de los análisis post operativos de la Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento se tienen varios retos en el corto plazo. Entre ellos se pueden destacar:

- Dar continuidad a los análisis e informes realizados en el 2018.
- Evaluar las diferentes medidas propuestas en

el año 2018 y sus efectos sobre el funcionamiento de los sistemas y los indicadores.

- Analizar otros aspectos del proceso de recolección y transporte.
- Implementar los análisis post operativos en el proceso de provisión aguas y distribución secundaria de agua potable.

Conclusión

Los análisis post operativos son una herramienta clave para la gestión de los sistemas de acueducto y alcantarillado, toda vez que permiten realizar el seguimiento a la operación, detectar problemáticas recurrentes y sitios con mayor incidencia de fallas, mejorar procesos, proponer cambios en los planes de mantenimiento y determinar las inversiones requeridas en el sistema.

Todo esto es posible en la medida que la información que reposa en los sistemas sea

confiable y que haya una retroalimentación constante entre los equipos que realizan la operación y el mantenimiento del sistema. Son análisis que se deben realizar permanentemente porque los sistemas son dinámicos y demandan medidas oportunas cuando se presentan los fallos. Es por eso que se consideran como análisis en evolución constante y para su elaboración requieren de un equipo interdisciplinario y apoyo de diferentes herramientas informáticas.

Referencias

El Colombiano. (27 de 09 de 2018). *Aguacero inundó varias vías y obligó a parar Metrocables en Medellín*. Obtenido de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/emergencias-por-aguaceros-en-medellin-JN9395128>

SIATA. (28 de 09 de 2018). *Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá*. Obtenido de registro de eventos de precipitación: [https://siata.gov.co/reporte_eventos/1502-Informe_Evento_Precipitacion_\(2018-09-27\).pdf](https://siata.gov.co/reporte_eventos/1502-Informe_Evento_Precipitacion_(2018-09-27).pdf)

Cómo citar este artículo:

Cano Casas, L. J., Orozco Gómez, A.M., Callejas Giraldo, J. E. (2019). Análisis post operativos como una estrategia para mejorar el proceso de recolección y transporte de aguas residuales en el Valle de Aburrá. En: *Revista EPM*, (14). p. 47-61



Protegiendo el medio ambiente sin detrimento del ejercicio técnico: reaislado de polos de generadores

Protecting the environment without detriment to the technical exercise: re-insulated poles generators

**Héctor Diego
González Sánchez**

Unidad CET Normalización y Especificaciones - EPM

hector.gonzalez@epm.com.co

Resumen

Los polos de los generadores sincrónicos exigen el cambio de su aislamiento para garantizar su operación. Este ejercicio es conocido como reaislado de polos. En el reaislado tradicional se producen residuos peligrosos en cantidades importantes. En la central de energía Guadalupe IV se implementó la técnica conocida como B-Stage, empleada a nivel

mundial por los fabricantes y reparadores de grandes generadores, con mejores resultados técnicos, reduciendo la producción de residuos peligrosos y, un aspecto importante: la reducción en el tiempo de intervención de los polos, contribuyendo a una menor indisponibilidad de las unidades de generación de energía.

Palabras clave:

Bobinas polares, Aislamiento, Resina epóxica, Fuerza de adhesión.

Key words:

Polar coils, Isolation, Epoxy resin, Strength of adhesión.

Introducción

El generador síncrono, también conocido como alternador síncrono o sincrónico, es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica (Kuznetsov, 1967). De manera sencilla y práctica se puede decir que un generador de energía del tipo sincrónico está compuesto por dos elementos: el inductor y el inducido, que en el lenguaje universal técnico puede interpretarse como el rotor y el estator. Su velocidad de rotación se mantiene constante y tiene un vínculo rígido con la frecuencia f de la red. Su relación fundamental es:

$$n = \frac{60 * f}{P}$$

Donde n representa la velocidad en R.P.M. y P el número de pares de polos (Kuznetsov, 1967). Al hacer girar el rotor, situación que se logra a través de la turbina, se induce en el estator un campo magnético giratorio. Este campo induce en los devanados del estator una fuerza electro motriz (F.E.M.) alterna senoidal.

La función principal del rotor es la de generar el campo magnético requerido por el estator en los niveles de tensión definidos para cada generador.

Los polos de los generadores están constituidos por espiras conformadas por

cobre y aislamiento que en esencia lo forman capas de papel Nomex® impregnadas de resina epóxica. Sin embargo, la impregnación de la resina epóxica se ha venido realizando de manera manual, lo que conllevaba procesos para lograr aislar cada espira en cada bobina polar y, de esta manera, lograr la generación del campo requerido para la creación de tensión en el devanado del estator.

En el presente artículo se documentan dos procesos de reaislado, uno que emplea una técnica tradicional mediante la aplicación de la resina de forma manual y el segundo que integra el uso del principal elemento, el papel Nomex® impregnado de resina, que representa una mejora en el proceso de intervención de los polos de los generadores sincrónicos del Grupo EPM, contribuyendo así con una reducción en la producción de residuos, uso óptimo de materiales, mejora en la respuesta técnica del proceso de intervención y reducción en los tiempos empleados para su ejecución y consecuentemente en la indisponibilidad que puedan presentar las unidades de generación frente a un evento fortuito, en el que no se cuente con los suficientes polos de repuesto o cuando se presenta la necesidad de realizar un reaislado de todos los polos de una unidad de generación.

1. Descripción del devanado de campo original de la máquina

El circuito electromagnético de la excitación de los generadores sincrónicos instalados en la mayoría de las centrales de EPM, lo conforman: el núcleo polar, la zapata polar, la bobina de campo y las barras de amortiguamiento. El rotor está soportado por la araña a un eje y acoplado a la turbina. El devanado de campo está constituido por pletinas de cobre electrolítico, arrolladas sobre el canto, es decir, sobre el costado estrecho de la cinta de cobre. Las juntas de Nomex® impregnadas de resina sirven de aislantes entre las espiras. Para una mejor refrigeración, regularmente, la bobina no está aislada por el exterior, mientras que el núcleo del polo está envuelto con tela de vidrio y resina epóxica (González, 2016).

En total, cada bobina polar posee un número de espiras que se cuentan a partir del lado interno del polo, de tal forma que la espira N° 1 corresponde a la primera espira existente en el lado interno del polo, hacia las colas de Milano del Spider Rim, y la última espira corresponde al final del arrollamiento, en el lado de la expansión polar.

Como se mencionó, las espiras están conformadas por tiras o pletinas soldadas en tramos convenientemente dispuestos, hasta configurar el marco de la espira.

Las zapatas polares forman una saliente, en las cuales descansan los collarines o bridas de las bobinas polares. Algunas bobinas arrolladas por el canto tienen la ventaja sobre las de otro tipo en que las fuerzas centrífugas se transmiten desde las espiras inferiores a las superiores a través de una gran área, lo que evita el aplastamiento del

aislante. Debido a que el aire penetra en todas las espiras, este tipo de configuración permite que la bobina se refrigere bien.

Todas las espiras de cobre son fabricadas mediante unión soldada, de tal manera que cada espira está compuesta de tiras de cobre unidas convenientemente con soldadura según el tipo de bobina y espira definida.

Cada bobina posee dos tipos de conectores entre polos, localizados en los extremos de las pletinas laterales de la bobina, a saber: a) un conector localizado en un extremo superior (lado derecho o izquierdo, dependiendo de si se trata de bobina par o impar) de una de las tiras largas de cobre lateral, muy cerca de la esquina correspondiente a la bobina y b) otro conector del mismo tipo localizado en el extremo inferior opuesto, propiamente sobre la tira larga de cobre lateral. El aislamiento entre las espiras de la bobina está constituido por papel Nomex® de espesor predeterminado, impregnado con resina epóxica. Las bobinas son curadas bajo presión y temperatura antes del montaje en la expansión polar, con el fin de compactar la bobina y evitar el aflojamiento de las espiras ante esfuerzos ocasionados por la fuerza centrífuga durante los procesos de embalamiento. Las bobinas poseen intercaladas espiras salientes a lo largo de toda la periferia del polo, con el fin de aumentar la superficie de intercambio térmico entre el cobre y el aire de refrigeración. Con el fin de garantizar el aislamiento entre el cobre y la masa polar, una vez la bobina se ensambla en el núcleo, el conjunto posee un estratificado de tela de vidrio y resina termofraguante entre el polo y la bobina.

Antes de instalar la bobina en el núcleo, se aplica teflón en spray sobre la superficie del marco de los collarines interior y exterior, con el fin de aminorar el coeficiente de fricción provocado por los gradientes de temperatura, debido a los diferentes coeficientes térmicos existentes en los materiales bajo contacto.

El devanado de campo se obtiene de la conexión entre los diferentes polos norte – sur localizados secuencialmente, para lo cual cada bobina posee su correspondiente unión o terminal de la bobina, conformada por pletinas en "T", debidamente soldadas a la primera y última espira. Las terminales salientes de dos polos consecutivos, que se recomiendan sean

flexibles, es decir, compuestas por láminas de cobre de espesores menores, conforman la unión entre polos, estas se hayan sólidamente pernadas y soldadas entre sí mediante soldadura de plata (Silfos 15 - 15%Ag, 80%Cu, 5%P) y a su vez el conjunto está sostenido por placas aislantes soportadas por un tornillo al rim del rotor, garantizando en todo momento el adecuado aislamiento a tierra.

En algunas máquinas, los polos poseen en su espacio interpolar, cuñas de sujeción para la bobina, de modo que eviten su deformación en caso de embalamiento o sollicitaciones electromagnéticas.

2. Problemática

Con el tiempo y producto de los esfuerzos físicos y eléctricos a los que se ve sometido el devanado de campo y en esencia las espiras que conforman los polos, su aislamiento se va degradando y consecuentemente puede verse afectada la estructura de cobre que conforma las espiras, toda vez que una anomalía en el aislamiento puede desencadenar, en primera instancia corto circuito entre espiras (ver Imagen

1) y estos a su vez puntos calientes cuyo efecto, del tipo exponencial, avanza, provocando incluso en algunos casos la fundición del cobre y con localizaciones precisas, aquellas donde se realiza el empalme de las secciones que conforman las espiras, tal y como se muestra en la Imagen 2, ocasionando la falla del rotor y la salida de operación de la unidad.



Imagen 1. Deterioro del cobre por corto circuito entre espiras. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).



Imagen 2. Defecto de soldadura en las secciones que conforman las espiras de las bobinas en uno de los polos de la Unidad 5 de la central hidroeléctrica Guatapé. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).

Otras anomalías que pueden considerarse menores consisten en el desplazamiento del papel Nomex®. En estos casos, la fuerza de adhesión se pierde o el pegante aplicado no es el adecuado y bajo la acción de la fuerza centrífuga el papel Nomex® se despega, dejando de cumplir su función de aislar y convirtiéndose potencialmente con el tiempo en un corto entre espiras que afecta el funcionamiento de la unidad porque se afecta el valor de la fuerza magnetomotriz (fmm), responsable de la creación del flujo magnético, cuya ecuación simple es:

$$F = N \cdot I$$

Donde:

F: Fuerza magnetomotriz

N: Número de espiras

I: Intensidad de corriente

Luego, existe una dependencia entre el número de vueltas y la fmm responsable del flujo magnético.

En conclusión, al variar el número de vueltas, producto de un cortocircuito entre dos o más espiras, se afecta el comportamiento del campo magnético y consecuentemente de la máquina. En la Figura 1 se puede apreciar el comportamiento de las líneas de campo magnético en un par de polos de un generador de polos salientes (Convergía, 2007).

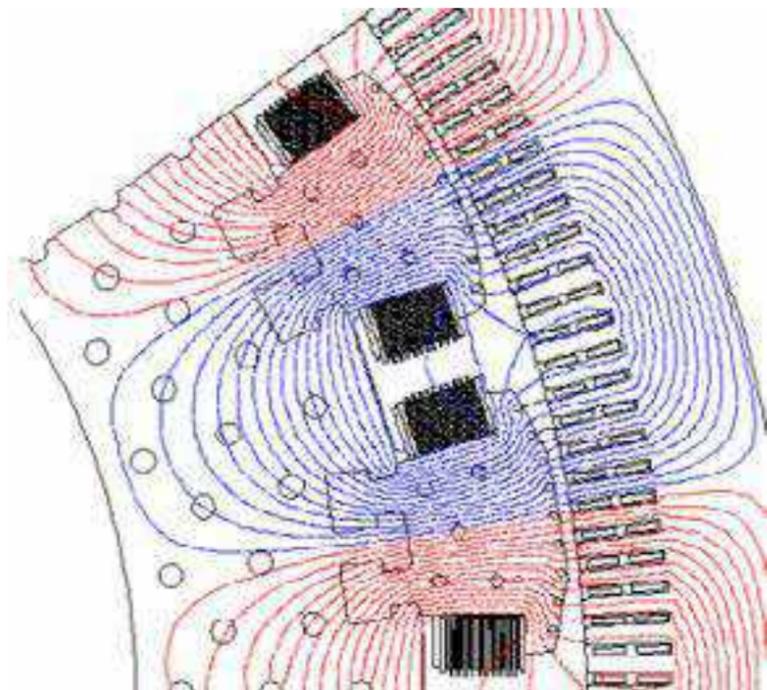


Figura 1. Campo magnético en un par de polos de un generador sincrónico de polos salientes. Tomada de Convergía, Universidad del Valle. (2007).

Frente a estas situaciones se hace necesario intervenir las anomalías y corregirlas. Este tipo de intervenciones pueden ser puntuales, en donde tan solo se realiza el cambio de los polos

identificados con las anomalías, o generales porque las anomalías identificadas se localizan en un número importante de polos, lo que exige un reaislado de los mismos.

3. Proceso de reaislado de los polos de los generadores sincrónicos

Para el reaislado de las bobinas polares de los generadores de EPM, los procesos sugieren al contratista tener en cuenta, entre otras, las siguientes actividades:

3.1 Extracción de la bobina

Se debe extraer la bobina polar del núcleo, de forma tal que la misma no sufra golpes, talladuras, abolladuras o daños similares que puedan poner en riesgo la integridad de

la bobina. Por lo tanto, se deben considerar las respectivas protecciones a que den lugar, para lo cual se deben disponer los dispositivos necesarios.

3.2 Control dimensional

Se debe efectuar el correspondiente control de las medidas originales en cada uno de los polos y se deberán verificar estas medidas con las consignadas en los planos. El levantamiento

del control dimensional, es importante que sea revisado por un profesional designado para tal fin. Se debe prestar bastante atención a la verificación y al control dimensional de los conectores, los cuales se recomiendan sean de cobre flexible tipo press welded (conformados por láminas delgadas de cobre) y a la altura de la bobina, luego del proceso de compresión al que se ve sometida. un inadecuado control incluso impedirá instalar nuevamente un polo después de reparado.

3.3 Limpieza de las bobinas polares

Es necesario el retiro y la limpieza del material aislante de las bobinas que son objeto de reparación, los dispositivos, herramientas y materiales necesarios considerando que las espiras de las bobinas deben ser lavadas con soda cáustica al calor, con la posterior neutralización de la soda, la pulida de las espiras y su correspondiente limpieza con diluyente y la preparación de las superficies. En caso de requerir el uso de esmeril, se debe tener un control en la actividad.

3.4 Inspección de uniones interpolares

Se debe realizar la inspección, la verificación, el inventario y la calificación real del estado de las pletinas de cobre (tramos) que conforman las uniones (algunas de ellas del tipo rígido) y se encuentren con hendiduras, fisuras, grietas o fracturas. Se sugiere el levantamiento de la información en el respectivo protocolo.

3.5 Probetas de ensayo

Para el proceso de soldadura y reparación, es importante contar con los resultados asociados a dos probetas de ensayo debidamente soldadas, de acuerdo con el sistema empleado

por quien interviene, para verificar y aprobar la condición de la unión. Se realiza sobre dos probetas de ensayo y las pruebas serán:

3.5.1 Prueba eléctrica

A las dos probetas de ensayo se les mide la resistividad del cobre soldado con soldadura silfos 15. La prueba se considera exitosa si el promedio de las dos probetas presenta valores de resistividad menor o igual a 0.0248 ($\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$).

3.5.2 Pruebas de ataque químico

Estos ensayos buscan determinar la sanidad de la unión y la ausencia de defectos generalizados en la misma. La prueba se considera exitosa si se cumplen simultáneamente las siguientes dos condiciones: a) la afectación de la estructura del material por incremento de temperatura (debe presentar valores inferiores a 5 HB) y b) el porcentaje de sanidad en la unión deberá ser superior o igual al 75%, de acuerdo al código ASME SEC XI.

3.5.3 Pruebas radiográficas

Esta prueba busca determinar la ausencia de poros de gran tamaño en la zona soldada, así como la ausencia de fusión de la soldadura en algunos sectores. Esta prueba se realiza a una probeta de ensayo y la radiografía deberá indicar en lo posible ausencia de poros; el examen radiográfico se considerará exitoso si se detectan no más de tres poros en el tramo soldado, con menos de 0.4 mm de largo y 0.2 mm de ancho. La prueba no se considerará exitosa si se llega a detectar por radiografía al menos un poro alargado con más de 0.8 mm de longitud y 0.2 mm de ancho.

3.5.4 Pruebas de empuje diagonal

La prueba de empuje diagonal se realizará a una probeta de ensayo. Se considerará exitosa si la unión soldada en el prototipo es capaz de resistir, durante un minuto, un esfuerzo equivalente al 50% del esfuerzo que resistiría la barra sólida. En caso de que la prueba no sea exitosa, es posible revisar y realizar una mejora en el método de soldadura utilizado. No se puede iniciar la soldadura de los conectores hasta que las pruebas no sean satisfactorias.

Todo el material en cobre que se use para la reparación debe ser en cobre electrolítico ETP-N° 110 ó OFCH, del 99.9% de pureza. Es importante contar con los resultados de la prueba de pureza del cobre que se utilizará durante el proceso de cambio de uniones interpolares, en caso de que se presente esta necesidad. Se deben calificar tanto el material como el proceso.

3.6 Defectos de soldadura

Se debe realizar la recuperación de los defectos de soldadura que se encuentren en las espiras, la rectificación de los defectos de soldadura con soldadura de plata y la adecuación de las superficies y pulimento de las zonas soldadas.

3.7 Prepensado

En esta parte del proceso de reaislado se realiza: control del estado de las superficies, revisión, verificación dimensional y corrección de las posibles deformaciones laterales de las espiras.

3.8 Materiales aislantes

Se debe considerar la preparación y corte de los materiales aislantes clase F, tales como: papel aramida Nomex® tipo 410 para el aislamiento entre espiras y/o aislamiento lateral de la bobina al núcleo, collarines en lámina epóxica de vidrio nema grado G10, silicona vulcanizable o bisulfuro de molibdeno, tela vetro-resina (tela de fibra de vidrio), resinas, llenos laterales y esquineros asociados a las zapatas polares y demás que se consideren. Todos los materiales que se utilicen deberán ser nuevos y de buena calidad, clase F, y bajo ninguna circunstancia el material dieléctrico sobrante producto del desarme podrá reutilizarse en la reparación.

3.9 Encolado

Se realiza el encolado con resina y puesta de la cinta de fibra de vidrio (tela vetro-resina impregnada) al traslape. A las primeras dos espiras externas se interpone papel Nomex® con previa impregnación con renania. El encolado con resina se realiza espira por espira, previa colocación de dos hojas de papel Nomex® entre espiras. También se realiza el aporte del material antifricción, si se considera conveniente, y la colocación de los collarines de fibra. En la Imagen 3 aparece la aplicación de laca empleada como pegante del papel Nomex® a una de las caras de las espiras.

Este es uno de los procesos en donde se genera la mayor cantidad de residuos del tipo peligroso, particularmente por la aplicación de la resina, bien sea de forma manual (con brocha) o con el uso de pistolas de presión.



Imagen 3. Aplicación de laca para pegado del papel Nomex® a la superficie de la espira. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).

3.10 Curado de aislamiento

Se ubica el conjunto prensado en el sitio seleccionado para el curado y tratamiento térmico en horno o por paso de corriente, en un tiempo de 8 horas, temperatura 150 °C si se usa catalizadores (renania) o en un tiempo definido para el uso de otro tipo de resina.

Una vez se haya realizado el curado del aislamiento, se debe realizar la suspensión del tratamiento térmico, retirar el sistema post-prensado, la puesta del sistema de sujeción y la fijación a la zapata polar, así como la limpieza, el esmerilado y el corte de las rebabas del aislamiento recocado y del papel Nomex® sobrante.

3.11 Pruebas

Se deben realizar las pruebas de resistencia del

aislamiento, relación de absorción dieléctrica (DAR), corto circuito entre espiras, caída de tensión entre espiras, alta tensión y medidas de: inductancia, capacitancia y resistencia óhmica, a cada uno de los polos. Se deben registrar los datos recopilados en los respectivos protocolos de pruebas.

3.12 Acabado final

Se recomienda aplicar la pintura al conjunto de la bobina, mediante la utilización de un barniz con buenas propiedades dieléctricas, realizar el secado de cada polo y recubrir con baño de estaño las terminales de cada una de las bobinas polares. La Imagen 4 muestra un perfil del acabado final de una bobina reaislada con la técnica tradicional.



Imagen 4. Acabado final de un polo reaislado con la técnica tradicional. Tomada de Hurtado (2013).

4. Técnica B-Stage

La técnica B-Stage comprende todas las etapas enumeradas anteriormente; sin embargo, se reemplaza la etapa del encolado, donde se utiliza el papel Nomex® impregnado de resina, lo que provoca la no necesidad del proceso de encolado y la reducción de los tiempos de intervención, el uso de materiales y la reducción significativa de los residuos que deja el proceso.

Además tiene una gran ventaja sustancial, pues se evita un punto de falla en el procedimiento de reparación, toda vez que el papel viene impregnado de resina desde la fábrica, evitando el error humano en la aplicación de la resina epóxica.

5. Papel Nomex®

La forma original del papel Nomex®, puede ser empleado en la mayoría de las aplicaciones de equipos eléctricos. Esto se debe a que, gracias a las propiedades del producto Nomex®, esta es la opción ideal para prácticamente todas las aplicaciones de aislamiento conocidas.

Entre las propiedades que debe garantizar el papel Nomex®, se incluyen: alta resistencia

dieléctrica inherente, resistencia mecánica, estabilidad térmica, flexibilidad y elasticidad. La Imagen 5 presenta una de las formas en que es posible conseguir el papel Nomex®.

El producto Nomex®, particularmente la referencia 410, está disponible en 11 grosores diferentes, que varían entre los 0,05 mm y los 0,76 mm (2 mil y 30 mil), con pesos



Imagen 5. Presentación en rollos de papel Nomex® 410. Tomada de Dupont (2019).

específicos que varían entre los 0,72 g/cm² y los 1,1 g/cm². Como sucede con todos los materiales de aislamiento eléctrico, el grosor

y la densidad tienen un impacto en las propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas típicas del papel Nomex® 410.

6. Presentación del problema u objetivo

Se presentan diferentes situaciones que han llevado a evaluar la técnica tradicional de intervención en los polos:

- El papel Nomex® y las lacas a base de resinas epóxicas, cuyo destino final debe tratarse con el cuidado adecuado porque no son biodegradables. Estas lacas se emplean durante la intervención, particularmente de fase de encolado, con el consecuente desperdicio de material asociado a la actividad.
- Con la técnica tradicional, los tiempos de intervención en el proceso de reaislado de polos no se pueden reducir en sus etapas

porque afectaría la respuesta de los elementos durante la operación; en consecuencia deben respetarse. La manera de disminuir este tiempo es en la utilización de papel impregnado en resina.

- Se requiere que el personal que aplica la resina sobre el papel Nomex® tenga la habilidad suficiente para garantizar homogeneidad y rapidez en el proceso de aplicación de la resina y de las lacas o pegantes del papel a las caras de las espiras.

7. Descripción de la propuesta

7.1 Papel Nomex® en estado B

Se propone emprender en adelante el reaislado de los polos de los generadores con el empleo del papel Nomex® impregnado de resina; la técnica es conocida como B-Stage, que usa

papel Nomex® puro impregnado con resina epóxica modificado en estado B (no curado), para el aislamiento entre espiras. Las principales características de este papel se encuentran en la siguiente tabla:

Descripción	Valor
Resistencia dieléctrica impulso de onda llena, D - 3426	Mayor a 1000 V/Mil
Constante dieléctrica, ASTM D - 150	Entre 2 y 4.5
Factor de disipación, ASTM D-150	Menor de 0.009
Gravedad específica, D - 646	Menor de 1.30
Resistencia a la tensión, ASTM D828	
XD	Mayor de 70 Lb. / pulg.
XD	Mayor de 30 Lb. / pulg.
Resistencia al desgarramiento, ASTM D 1004	
XD	Mayor de 6.0 Libras
XD	Mayor de 3.2 Libras

Tabla 1. Ficha técnica Nomex® B-Stage. Tomada de Dupont (2014).

Los valores están en dependencia con el espesor, que va desde 0.05 mm hasta 0.76 mm.

La Imagen 6 presenta una sección del papel Nomex® B-Stage o impregnado de resina.



Imagen 6. Sección de papel Nomex® 410 B - Stage. Tomada de Dupont (2014).

La mejora en algunos procesos se hace evidente como, por ejemplo, en la aplicación del papel

Nomex® impregnado por ambas caras, como se muestra en la Imagen 7.



Imagen 7. Posicionamiento del papel Nomex® en estado B. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).

El proceso de curado de la resina que es impregnada en el papel puede presentar una mejora al emplear el método de inyección de corriente, el cual incorpora mejoras por la producción del calor de manera homogénea,

al hacer circular por las espiras una corriente adecuada para generar el calor necesario para el curado de la resina del papel Nomex®. Detalles de este método se presentan en la Imagen 8.



Imagen 8. Curado de la resina del papel Nomex® impregnado mediante circulación de corriente. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).

Se propone solicitar las pruebas de esfuerzo a la cizalladura y tracción con probetas similares a las mostradas en la Imagen 9.



Imagen 9. Probetas para el esfuerzo de cizalladura y de empuje.

Estas probetas compuestas por dos secciones de cobre con papel Nomex® impregnado de resina en estado B deberán ser capaces de soportar esfuerzos por:

- Resistencia a la flexión (norma ASTM D790 – 99), con un valor mínimo de 300 N/mm².
- Resistencia a la tracción (norma D638-01), con un valor mínimo de 250 N/mm². Eatic (2016).

Entre otras exigencias, y estarán definidas en las especificaciones técnicas de los procesos a desarrollar.

Una mejora adicional al proceso es el calentamiento, porque se realiza en la forma correcta con la generación de calor desde el interior, a partir de la aplicación de corriente que circula por las espiras y bajo una presión definida, y no como suele suceder que el calentamiento es desde el exterior mediante el empleo de hornos.

Una mejora adicional está representada en la conservación del perfil de las espiras que actúan como aletas de ventilación y, en consecuencia, se conserva el coeficiente de convección de las unidades de generación, de manera que la mayor cantidad de calor se disipe en las aletas de ventilación, tal y como se puede apreciar en la Imagen 10.

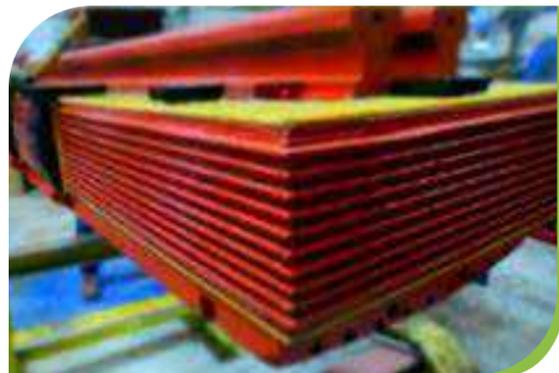


Imagen 10. Acabado final de un polo reaislado con la técnica papel Nomex® B-Stage. Tomada de (M&M Bobinados Industriales, 2016).

8. Resultados

Con el uso de papel impregnado de resina se logran importantes resultados tales como:

- Eliminación de la etapa de encolado en el proceso.
- Reducción del tiempo de intervención.
- Optimización en el uso de materiales.
- Precisión del trabajo a desarrollar.

• Reducción del material de residuos que deja el proceso.

• Producción del curado con la generación del calor requerido para alcanzar la temperatura necesaria, con la aplicación de corriente por las espiras; método adecuado de calentamiento desde el interior al exterior y no a la inversa.



Conclusiones y recomendaciones

Se propone realizar un cambio en uno de los procesos de intervención que enfrentan las diferentes unidades adscritas a la Vicepresidencia Generación del Grupo EPM, en lo que corresponde a la conservación del aislamiento de devanado de excitación. Se obtienen como aportes positivos con este cambio:

- Reducción en la generación de residuos que son considerados peligrosos, con un aporte a

la gestión ambiental desde los procesos de intervención.

• Reducción importante en los tiempos de intervención, toda vez que se elimina el paso de encolado mediante el empleo del papel Nomex® impregnado de resina. Se estima una reducción del 40% en el tiempo empleado para la realización de todo el reaislado de una máquina de gran potencia.

- Uniformidad y mayor confiabilidad en el proceso porque la impregnación en resina cubre el 100 % del área del papel, toda vez viene de fábrica ya impregnado, situación no garantizada con la técnica tradicional por la posibilidad de un error por causas humanas en el procedimiento de aplicación de la resina.

- Mejor resultado en el proceso en cuanto a la conservación de los perfiles de las espiras, particularmente de las que actúan como aletas de ventilación, lo que incide en la disipación del calor generado por la circulación de la corriente y de la refrigeración de las unidades de generación.

- Mejoramiento de la protección del personal. Una ventaja desde el punto de vista de salud ocupacional porque no hay necesidad de aplicación de la resina, mitigando así los riesgos por exposición a químicos del personal que realiza el trabajo.

Debido a la especialidad del tema y a la migración del proceso por la utilización del papel con impregnación de resina, el reducido número de proveedores se convierte en un aspecto negativo porque se reduce la participación de proponentes nacionales en el momento en que se generan los procesos de licitación.

Referencias

1. Dupont™ (2016). Technical Data Sheet. En: DuPont™ Nomex® 410. 1(8) p. 1, 3, 6. Recuperado de: <https://www.dupont.com/products-and-services/electronic-electrical-materials/electrical-insulation/brands/nomex-electrical-insulation/products/nomex-400-series.html>

2. Eatic (Equipo de Asistencia Técnica e Investigación Calidad), Unidad CET Normalización

4. Grupo de investigación en conversión de energía (Convergía), Universidad del Valle. (2007). *Estudio de la solución del calentamiento de los generadores sincrónicos instalados en la central hidroeléctrica de Playas*. Cali: Universidad del Valle

5. Hurtado, E. (2013). *Informe ejecutivo del reislado de polos de la Unidad 4 Guadalupe III*. Medellín: EPM.

6. Kuznetsov, M. (1967). *Fundamentos de electrotecnia*. (2 ed.). Moscú: Editorial MIR. Recuperado de: <https://pdfslide.net/documents/fundamentos-de-electrotecnia-kuznetsov-578465c8d5c1d.html>

7. M&M Bobinados Industriales. (2016). *Informe final polos BBC y Mitsubishi, central hidroeléctrica Guatapé*. Medellín: EPM

y Especificaciones – Grupo EPM. (2016). *Informe de pruebas ME-19145, ensayos de tracción y esfuerzo cortante*. Medellín: EPM.

3. González, H. (2016). *Especificaciones técnicas para el reislado de los polos de la central Guatapé*. Unidad CET Normalización y Especificaciones. Medellín: EPM.

Reconocimientos

Se hace reconocimiento a las empresas que han prestado sus servicios al Grupo EPM y que vienen adelantando mejoras en los procesos de intervención de los elementos que conforman los generadores. Gracias al apoyo de estas compañías hemos logrado evaluar las

alternativas que se presentan como una mejora en los procesos que se llevan a cabo con los generadores de potencia, en este caso para el reislado de los polos de los generadores de propiedad del Grupo EPM.

Notas al final

ⁱ Las pruebas de esfuerzo mencionadas son realizadas por el equipo Eatic (Equipo de Asistencia

Técnica e Investigación Calidad) de la Unidad Normalización y Laboratorios del Grupo EPM.

Cómo citar este artículo:

González Sánchez, H. D. (2019). Protegiendo el medio ambiente sin detrimento del ejercicio técnico: reislado de polos de generadores. En: *Revista EPM*, (14). p. 63-79



La modelación y optimización, herramientas de planeación de los sistemas de bombeo de acueducto

Modeling and optimization, planning tools for the aqueduct pumping systems

**Rubert Ernest
Montes Correa**

Unidad Vinculación Clientes
Aguas, EPM

rubert.ernesto.montes@epm.com.co

**John Jairo
Posada España**

Dirección Planeación
Aguas, EPM

john.posada@epm.com.co

**Luis Alfonso
Rincón Ochoa**

Dirección Planeación
Aguas, EPM

luis.alfonso.rincon@epm.com.co

Resumen

Con el propósito de realizar una planeación integral, rigurosa y simplificada del sistema, la Dirección de Planeación Aguas de EPM incluyó los bombes al modelo hidráulico de conducciones. En este artículo se expone el trabajo realizado en tres partes: Introducción, Metodología y Caso de estudio. En la Introducción se muestra la necesidad de la modelación y la complejidad

de esta. En la Metodología se ilustran los pasos para la modelación hidráulica, la calibración y el diagnóstico actual de las cadenas de bombeo. Por último, se aplica la Metodología a la cadena de bombeo Pedregal - Picacho - Doce de Octubre - París, para obtener un diagnóstico predictivo del sistema y la evaluación de alternativas para su operación y optimización.

Palabras clave:

Modelación, Hidráulica, Bombes, Acueducto, WaterGEM.

Key words:

Modeling, Hydraulics, Pumping, Aqueduct, WaterGEM.

Introducción

La planeación del sistema de acueducto de EPM es compleja, debido a factores como: incertidumbre del crecimiento urbano, fraudes, topografía montañosa, dinamismo de la operación y no linealidad de las ecuaciones hidráulicas. Estos factores son especialmente críticos en las zonas abastecidas por bombeos.

Una herramienta valiosa para afrontar la dificultad de la planeación es la modelación; sin embargo, su aplicación en el contexto nacional se ha concentrado en las redes de distribución. Por ejemplo, ciudades como Bogotá, Medellín, Pereira y Bucaramanga cuentan con metodologías aplicables a sistemas de distribución muy sofisticados, pero no se tiene el mismo nivel en la modelación de la red primaria. Los modelos de distribución no simulan los tanques, no consideran bombeos ni tienen controles que simulen la operación del sistema.

En este artículo se ilustra una metodología para la modelación de los sistemas de bombeo, con el objetivo de predecir su comportamiento, establecer mejoras operativas y definir las inversiones necesarias de forma integral y rigurosa. La Metodología es explicada en 8 pasos para que pueda aplicarse en otros sistemas. Adicionalmente, se presenta el caso de estudio del bombeo Pedregal - Picacho - Doce de Octubre - París.

El ejercicio es especialmente valioso para la planeación de sistemas extensos y con topografía accidentada, como es el caso de la red primaria del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Este sistema tiene 3 embalses, 10 plantas de tratamiento, 110 tanques, 360 Km de conducciones y 38 bombeos; todo se opera de forma interconectada, lo que dificulta su planeación. Por otra parte, se estima que las inversiones por las necesidades de expansión, modernización y reposición de este sistema son del orden de 5 billones en los próximos 10 años.

1. Metodología

A continuación se presentan los pasos a seguir para la simulación de un modelo hidráulico de la red primaria de acueducto que incluya los sistemas de bombeo.

1.1 Recolección de información

Se recolectan los registros históricos de niveles en los tanques, presiones en la impulsión,

eficiencias, caudales de bombeo y de distribución. También se deben consultar las reglas operativas, tales como niveles mínimos de succión, tanques que operan solidariamente y bombeos directos a la red. Esta información es útil para definir controles lógicos en el modelo para el encendido y apagado de los grupos de bombeo.

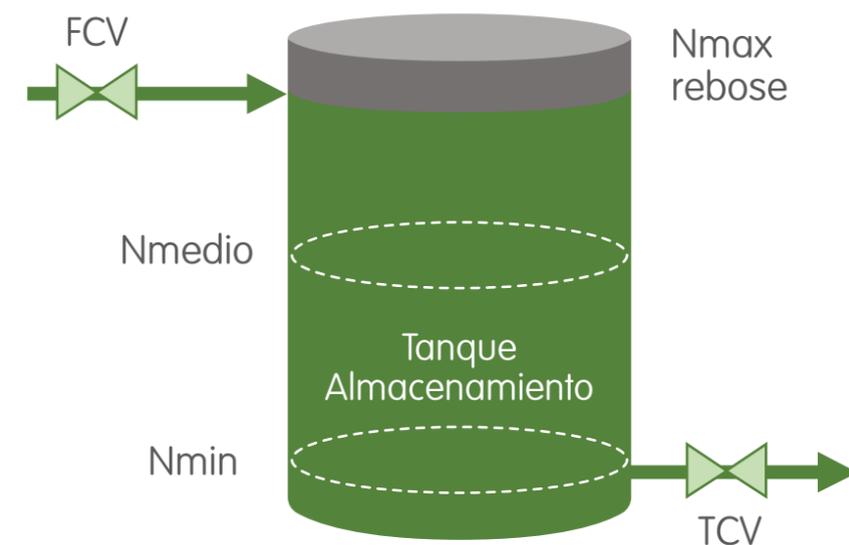
1.2 Topología del modelo

La información validada de las rugosidades, conexiones, elevaciones y longitudes se incorporó al modelo por medio de conexiones de la base de datos de redes y del programa de análisis hidráulico.

1.3 Configuración de tanques en el modelo

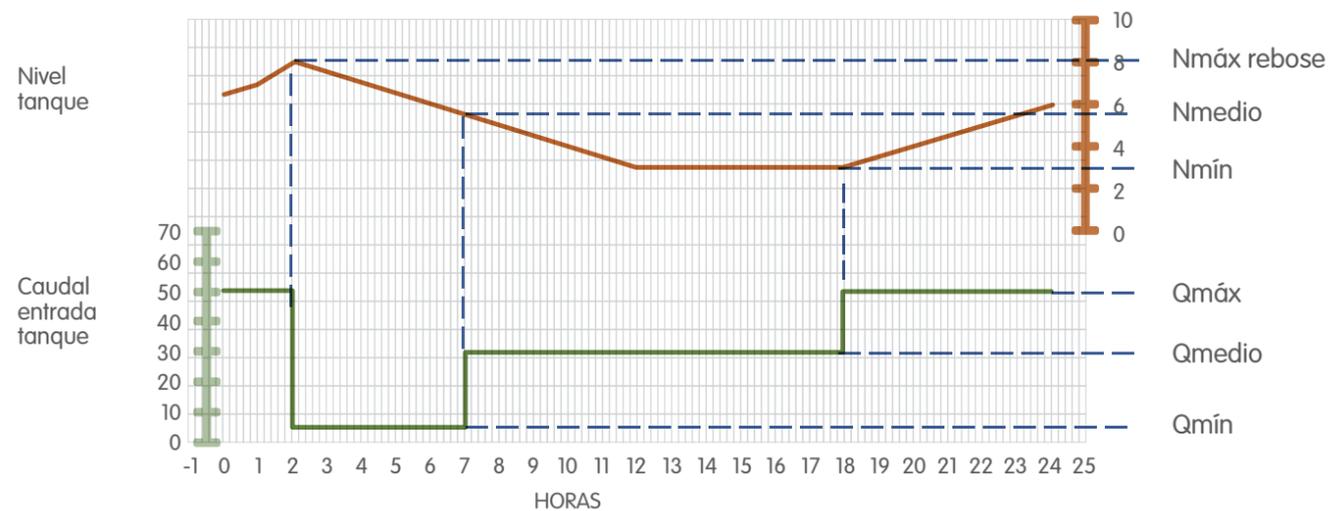
Los modelos hidráulicos requieren la información física de los tanques de almacenamiento: volumen, elevación, niveles máximos y mínimos. También se incorpora la información operativa

del tanque. El caudal que ingresa al tanque se controla mediante sus niveles, como se observa en la Figura 1 y la Gráfica 1. Cuando el nivel es cercano al rebose, se requiere que ingrese el caudal mínimo al tanque, de tal manera que no exista desperdicio de agua por excesos. Por otra parte, cuando el nivel del tanque es próximo al mínimo, es necesario que ingrese el caudal máximo que pueda proporcionar el sistema, de modo que el tanque se recupere. Adicionalmente, existen otras condiciones intermedias propias de la operación.



FCV: válvula controladora de flujo
TCV: válvula estranguladora

Figura 1. Control entrada de tanques



Si nivel **Tanque > N máx** entonces **FCV = Q mín**
 Si nivel **Tanque < N medio** entonces **FCV = Q medio**
 Si nivel **Tanque < N mín** entonces **FCV = Q máx**

Gráfica 1. Variación caudal entrada y nivel en tanques

Cuando la demanda excede ampliamente el ingreso del agua, el nivel del tanque puede llegar a estar por debajo del nivel mínimo. Por lo anterior, es necesario cerrar la salida de distribución del tanque hasta que este recupere los niveles adecuados. Con este fin, en el modelo se deben configurar las siguientes reglas:

Si nivel **Tanque < N mín** entonces **TCV = cerrada**
 Si nivel **Tanque > N medio** entonces **TCV = abierta**

Con estos controles se pueden identificar posibles deficiencias en el sistema primario.

1.4 Configuración del paso de tiempo: balances de caudales por tanques

Es necesario configurar un paso de tiempo adecuado para los cálculos hidráulicos teniendo en cuenta la necesidad de la planeación. Se recomienda utilizar un paso de tiempo menor a 15 minutos por condiciones de estabilidad.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los modelos de la red secundaria tienen configurado un paso de tiempo de una hora, con resultados muy estables. Esto no es recomendable para modelar redes primarias, ya que un tanque de almacenamiento se

puede llenar en menos tiempo, produciendo problemas de estabilidad. Por ejemplo, en la ciudad de Medellín el tanque *Aures 2* se puede llenar en 20 minutos.

Para evaluar si el paso de tiempo utilizado es apropiado, después de cada simulación se recomienda realizar un análisis de balances de masas por tanques, sobre todo si dentro del escenario evaluado existen tanques que deben cerrar su salida para la recuperación de sus niveles. El balance de masa se ilustra a continuación.

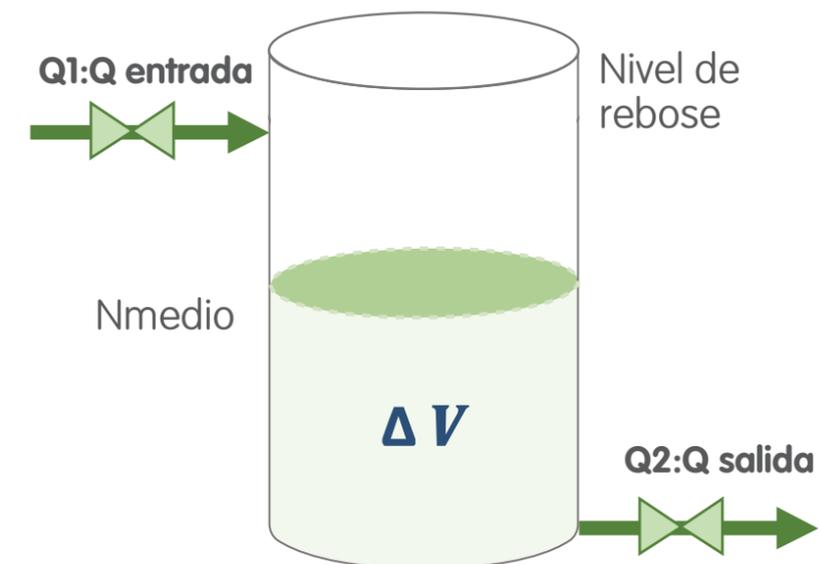


Figura 2. Análisis de confiabilidad de resultados.

1.5 Características de bombas – pruebas de eficiencia

A partir de las pruebas de eficiencias de las bombas se obtienen las características

operativas de cada grupo de bombeo como son: presión de *shut off*, curva característica, eficiencia de bombas y motores, y factor de eficiencia (kw/m^3).

1.6 Reglas de control para la operación de bombas

Los grupos de bombeo de las estaciones pueden trabajar en serie o en paralelo. Para los que trabajan en paralelo es necesario configurar en el modelo hidráulico controles operativos para el encendido y apagado de bombas. Estos controles deben programarse en función de los niveles de los tanques de succión y de llegada, de tal manera que:

- El grupo de bombeo más eficiente opere la mayor parte del tiempo.
- Si el nivel del tanque de succión está por debajo del mínimo requerido o el nivel del

tanque de llegada está por encima del nivel de rebose, ningún grupo de bombeo debe estar encendido.

- Cada combinación de grupo de bombeo debe tener asociado el nivel de succión requerido para su funcionamiento.

A continuación se ilustran las condiciones operativas de dos grupos de bombeo, y el diseño de los controles operativos que se deben configurar en el modelo hidráulico.

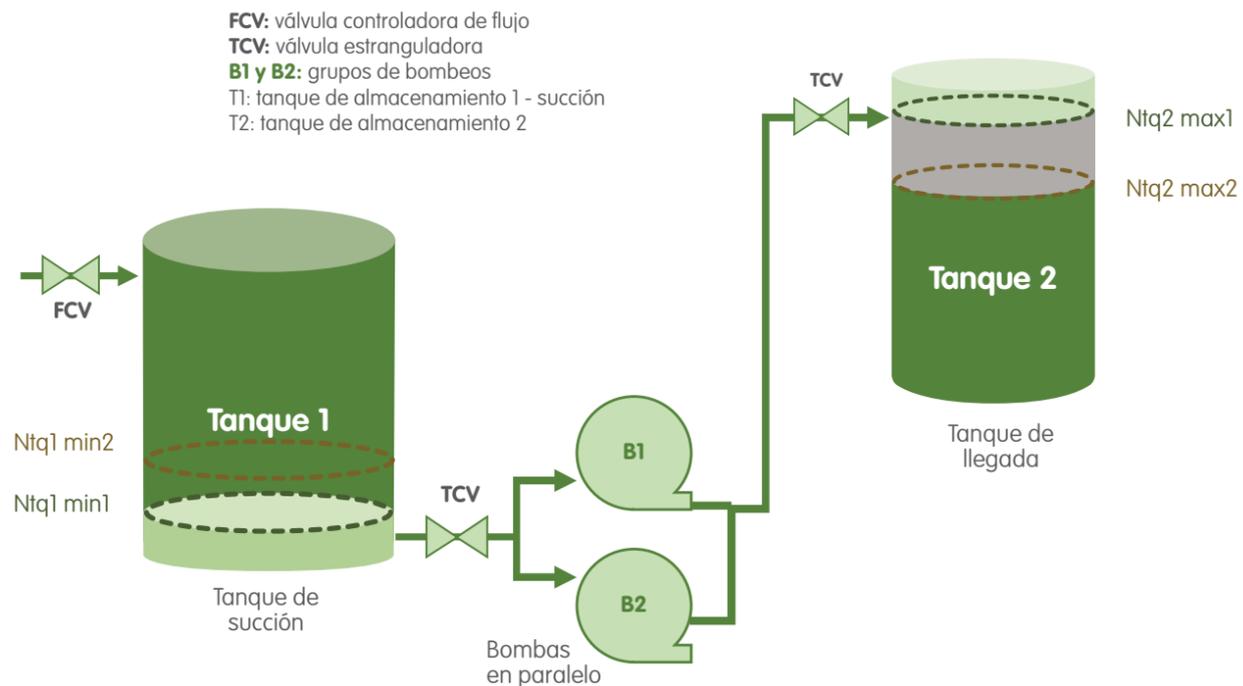
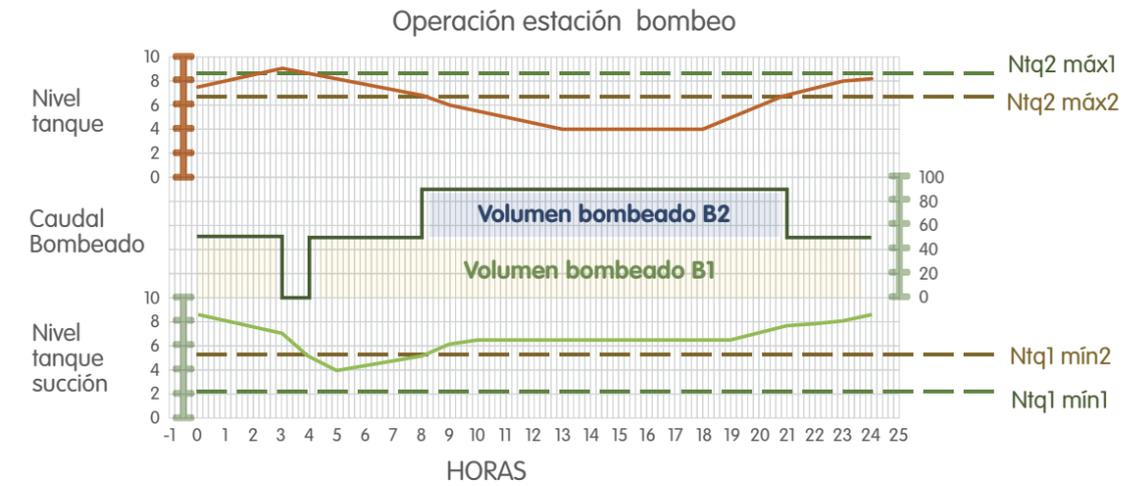


Figura 3. Esquema de sistema de bombeo.



Si nivel **T1** < **Ntq1min1** ó nivel **T2** > **Ntq2max1** entonces **B1** entonces
 Si nivel **T1** < **Ntq1min2** ó nivel **T2** > **Ntq2max2** entonces **B2** entonces
 Si nivel **T1** > **Ntq1 min1** y nivel **T2** < **Ntq2 max1** entonces **B1** entonces
 Si nivel **T1** > **Ntq1 min2** y nivel **T2** < **Ntq2 max2** entonces **B2** entonces

Gráfica 2. Curvas típicas de operación de una estación de bombeo

1.7 Calibración

Después de ingresar las cadenas de bombeo se realiza un ejercicio de ajuste de los controles y de las curvas características de las bombas para que el modelo recree las mediciones de campo. Debido a la memoria del sistema, las entradas del mismo pueden afectar el comportamiento de las variables de salida varios días después, y es por esto que se recomienda utilizar un periodo de una semana para la calibración.

1.8 Planeación y optimización

Una vez construido el modelo, y calibrado con el balance de masa, se puede construir un modelo de planeación. Para los ejercicios de planeación los controles operativos diseñados deben simular cada estación de bombeo a una capacidad tal que mantienen al máximo los niveles en el tanque de llegada. Esto es un enfoque de planeación basado en condiciones conservadoras; sin embargo, la solución

arrojada por el modelo puede ser optimizada desde el punto de vista económico y operativo.

A partir del marco conceptual proporcionado por el artículo "Algoritmos evolutivos multiobjetivo combinados para la optimización de la programación de bombeo en sistemas de suministro de agua", se construyó un aplicativo en Excel para determinar la combinación óptima de tiempo y usos de grupos de bombeo, que generen el mínimo costo de energía eléctrica y de mantenimiento, atendiendo las restricciones de sistema.

La función a minimizar depende de las combinaciones de bombas (pruebas de eficiencia), el volumen del tanque de llegada con sus niveles mínimos y máximos recomendados, y la demanda proyectada asociada al tanque de llegada.

2. Caso de aplicación

La metodología propuesta se aplica a la cadena de bombeo Pedregal - Picacho - Doce Octubre - París del sistema de EPM.

A continuación, se presenta una breve descripción del sistema y se muestra el desarrollo de cada etapa de la metodología.

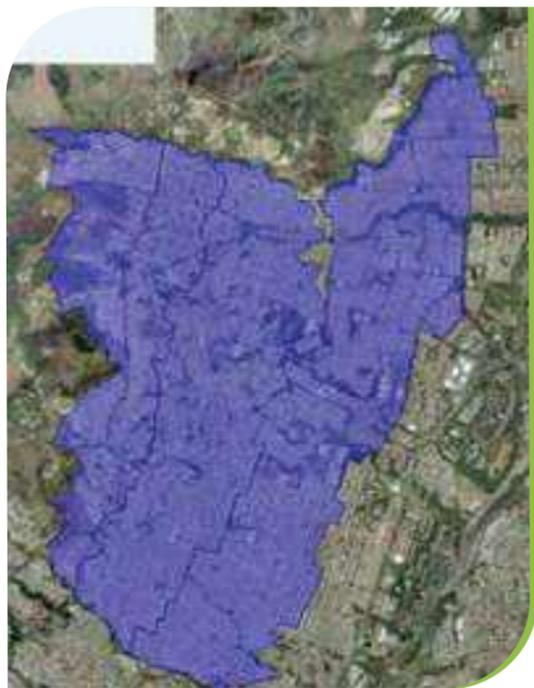


Figura 4. Ubicación de los circuitos de la cadena de bombeo Pedregal. Fuente SIGMA EPM

2.1 Descripción de la cadena de bombeo Pedregal - Picacho - Doce Octubre - París.

Este sistema de bombeo alimenta 4 circuitos, ubicados en el Occidente de la ciudad de

Medellín. En la figura siguiente se muestra la cobertura de estos circuitos.

Las principales características del sistema se muestran a continuación.

Características	
Usuarios	79,891
Caudal de suministro	380 l/s
Longitud de redes sistema primario (Km)	5.95
Tanques de almacenamiento	4
Sistemas de bombeo	3

Tabla 1. Características de la cadena de bombeo de Pedregal.

2.2 Construcción del modelo de bombeos

2.2.1 Recolección de información

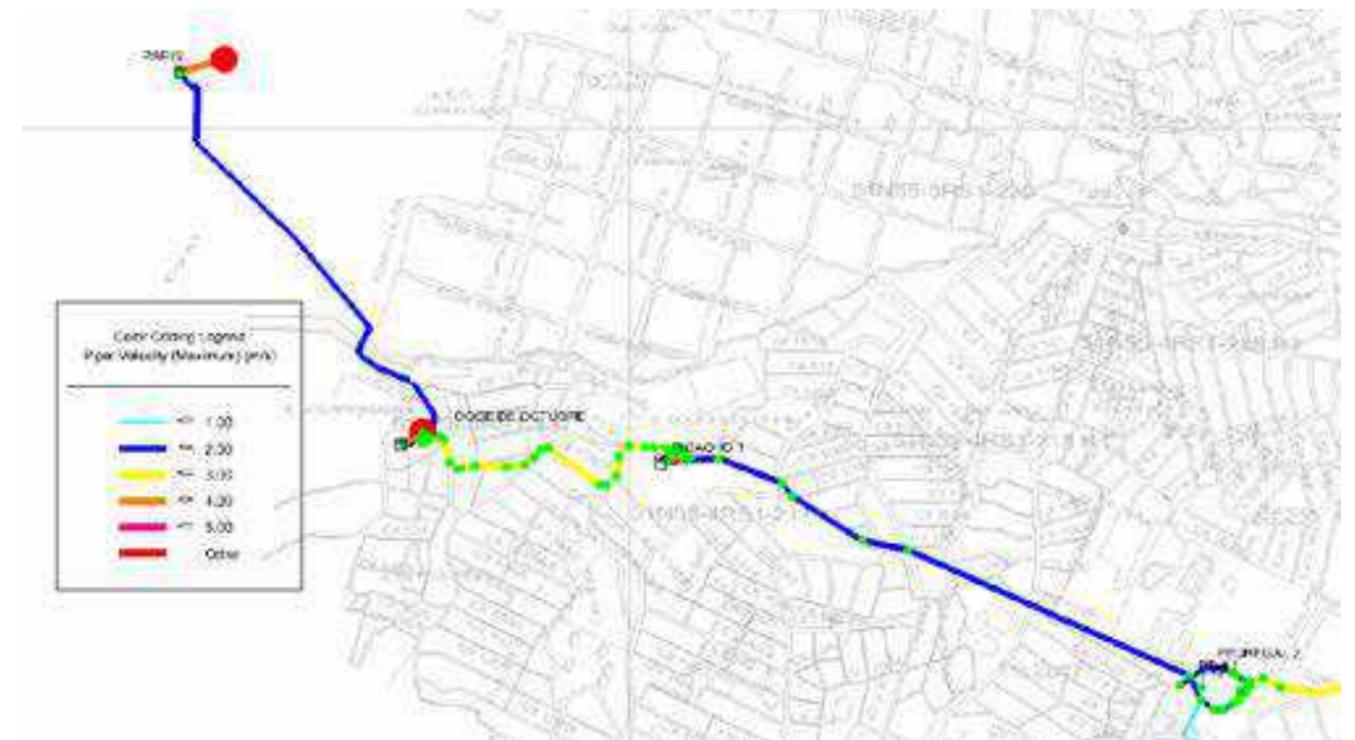
A partir del Sistema de Información Histórica de EPM (SIH) se obtuvo la información de presiones y caudales de la cadena de bombeo para el periodo de análisis. Los registros históricos obtenidos tienen resolución hasta de 5 minutos.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas al personal del Centro de Control de Acueducto para conocer los niveles de tanques para

encendido y apagado de bombas, y otros aspectos relevantes del sistema, como concentración de usuarios irregulares en el barrio Nueva Jerusalén y limitaciones operativas para el uso de la bomba de respaldo de la estación Doce de Octubre. La información proporcionada por el Centro de Control fue de gran importancia, toda vez que los sistemas de bombeo son particularmente difíciles de calibrar si no se tiene el conocimiento detallado de la operación.

2.2.2. Topología del Modelo

La Unidad Gestión de la Información de EPM proporcionó la información planimétrica del modelo hidráulico. Por otra parte, la Unidad Gestión de la Infraestructura adicionó la información altimétrica de las redes. En la Figura 5 se muestra la planta perfil de la cadena de bombeo.



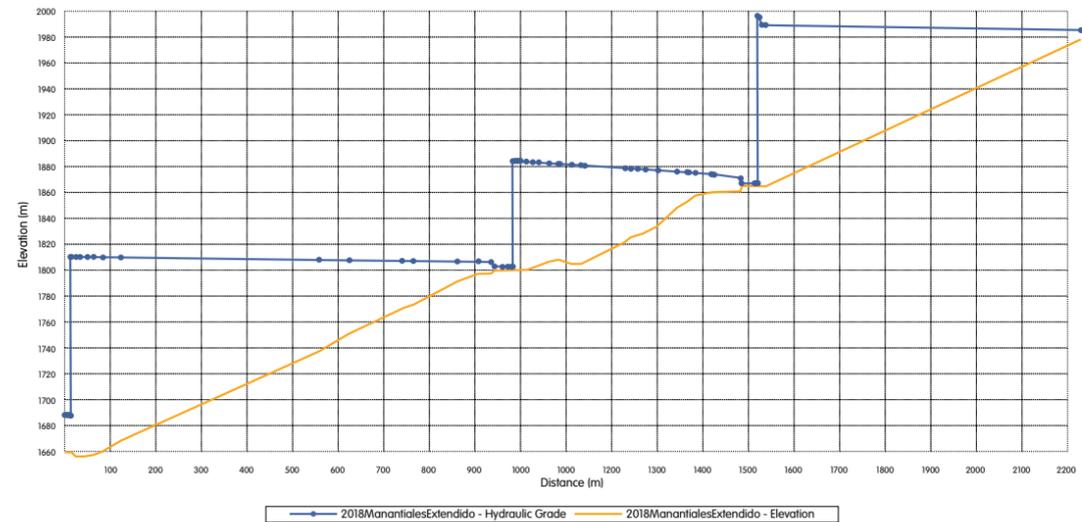


Figura 5. Planta perfil de la cadena Pedregal

2.2.3. Información y control de los tanques

En esta etapa se introdujo al modelo la

geometría de los cuatro tanques, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tanque	Nivel mínimo	Nivel inicial	Nivel máximo	Volumen (m ³)
Pedregal 2	0.50	3.68	7.10	2,247.85
Picacho 1	0.50	4.10	6.60	1,669.55
Doce de Octubre	0.50	4.01	6.01	1,778.53
París	0.25	2.00	5.00	699.98

Tabla 2. Variables de los tanques

Adicionalmente, se incorporó la válvula para regular el caudal de ingreso del tanque Pedregal con los siguientes controles.

Si nivel Tanque > 6.0 m entonces FCV = 100 l/s
 Si nivel Tanque > 5.5 m entonces FCV = 350 l/s
 Si nivel Tanque < 5.0 m entonces FCV = 400 l/s
 Si nivel Tanque < 4.5 m entonces FCV = 450 l/s

2.2.4 Configuración del paso de tiempo

Para los cálculos hidráulicos se utiliza un paso de tiempo de 5 minutos.

2.2.5. Características de las bombas

De las pruebas de eficiencias se obtienen las curvas características de la operación

real de las bombas, así como su eficiencia y preferencia de operación. A modo de ejemplo se muestra la curva característica del grupo 1 de la estación de bombeo de Pedregal a Picacho.



Gráfica 3. Curva característica del grupo 1 de la estación Pedregal.

2.2.6 Reglas de control para la operación de bombas

Las reglas de control para la operación de los tanques y los balances de masa se aplican

a las tres estaciones de bombeo. A manera de ejemplo se muestran los de la estación Picacho – Doce de Octubre:

Si nivel Picacho 1 < 2.1 ó nivel Doce de Octubre > 5.1 entonces B1 apagada
 Si nivel Picacho 1 < 2.0 ó nivel Doce de Octubre > 5.8 entonces B2 apagada
 Si nivel Picacho 1 < 1.8 ó nivel Doce de Octubre > 5.9 entonces B3 apagada
 Si nivel Picacho 1 > 2.1 Y nivel Doce de Octubre < 5.1 entonces B1 encendida
 Si nivel Picacho 1 > 2.0 Y nivel Doce de Octubre < 5.8 entonces B2 encendida
 Si nivel Picacho 1 > 1.8 Y nivel Doce de Octubre < 5.9 entonces B2 encendida

2.2.7 Calibración

Después de simular la condición actual de la cadena de bombeo, teniendo en cuenta las

reglas de control, se obtuvieron los siguientes resultados de balances de volúmenes bombeados a cada tanque:

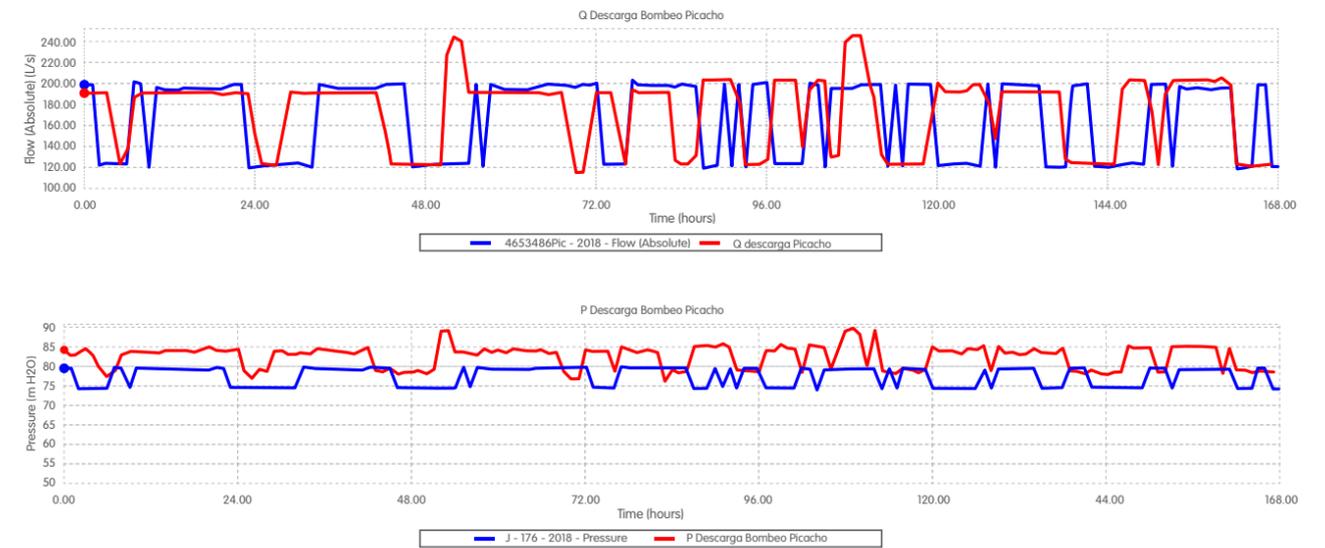
Variable	Pedregal	Picacho	Doce de Octubre
Qmax Bomb. Modelo (lps)	696,06	203,80	81,75
Qmax Bomb. Registros (lps)	584,10	246,18	82,71
Vol. Bomb. Modelo (m3)	237205	101092	48965
Vol. Bomb. Registros (m3)	230953	104983	48243
Error Vol. Bomb. (%)	-2,71%	3,71%	-1,50%

Tabla 3. Resultados de calibración del modelo.

El porcentaje de error es pequeño teniendo en cuenta las simplificaciones necesarias en la modelación y la incertidumbre de otras variables, por ejemplo, el error de medición.

La confianza de la calibración se evidencia al comparar los resultados del modelo con los

datos observados. En las siguientes ilustraciones se muestra en rojo el valor medido y en azul el valor obtenido en la modelación. La gráfica superior corresponde a caudal y la inferior a presión para dos estaciones de bombeo.



Gráfica 4. Resultados de la calibración estación Picacho – Doce de Octubre.



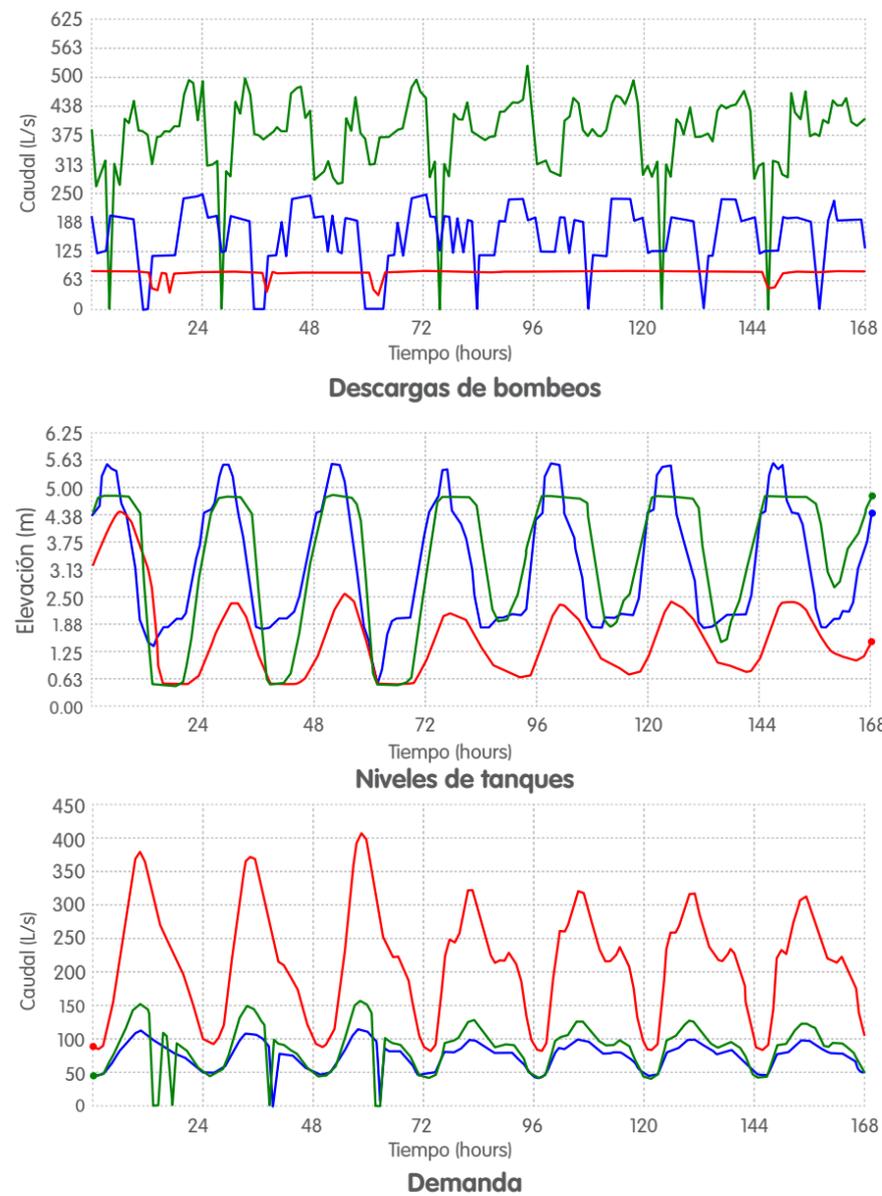
Gráfica 5. Resultados de la calibración estación Doce de Octubre - París.

2.2.8 Planeación y optimización

Una vez se tiene el modelo confiable para simular la condición actual del sistema, se construyen los escenarios de planeación.

Los escenarios se evaluaron con la infraestructura actual, sin tener en cuenta el proyecto Cadena de Occidente, concebido modernizar este sistema en el año 2023.

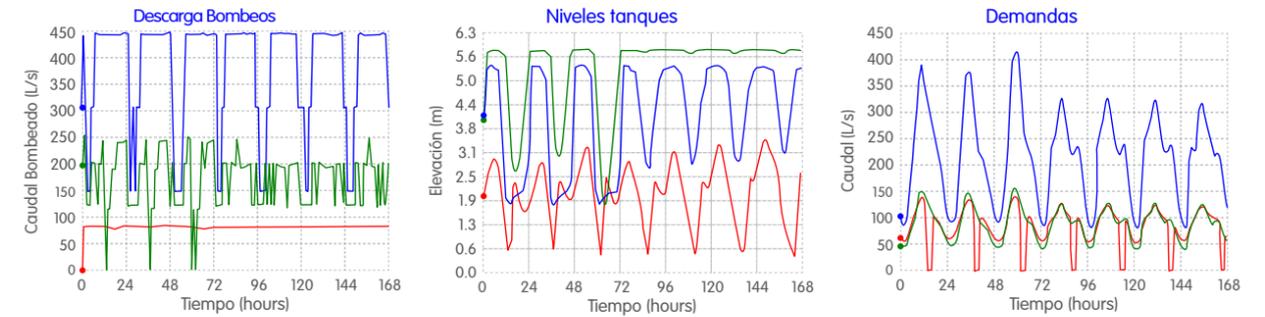
El sistema de bombeo se evaluó para los años 2020 y 2023, asumiendo condiciones de estiaje, que producen la mínima energía a la entrada de la estación Pedregal. Adicionalmente, la configuración de planeación simula la condición crítica de mantener los tanques cercanos a los niveles máximos. Para el año 2020 se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica 6. Resultados del escenario 2020. Caudales bombeados de ingreso (superior), niveles (centro) y caudal de distribución (inferior) en tanques Picacho (azul), Doce de Octubre (verde) y París (rojo).

La gráfica muestra que el nivel del tanque París llega por debajo de su nivel mínimo en tres días de la semana, lo que produciría problemas en la distribución. Esto indica la necesidad de realizar intervenciones en el sistema antes de la fecha

de entrada en operación del proyecto Cadena de Occidente, concebido para solucionar la problemática de estos bombeos. Para el año 2023 se tienen los siguientes resultados:



Gráfica 7. Resultados del escenario 2023. Caudales bombeados de ingreso (izquierda) y caudal de distribución (derecha) en tanques Picacho (azul), Doce de Octubre (verde) y París (rojo).

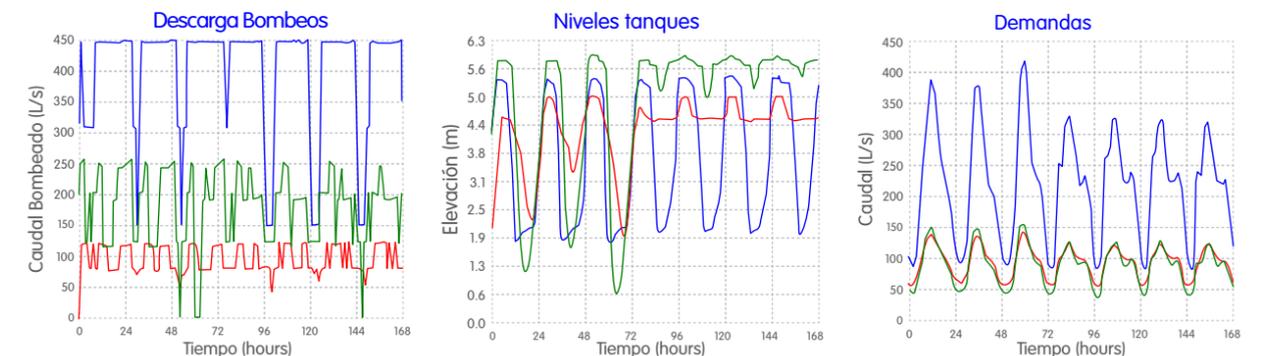
La simulación indica que el tanque París no podrá soportar la demanda diaria con la capacidad actual del sistema.

Infraestructura de EPM se concentra en analizar alternativas y en hacer un seguimiento especial al proyecto Cadena de Occidente.

La Unidad Gestión de la Infraestructura Aguas aplica esta metodología para identificar las condiciones futuras del sistema con mayor detalle y analizar alternativas de inversiones de la manera más efectiva y confiable posible.

La propuesta fue iniciar el estudio de cambios del control de las bombas y de su sistema de respaldo. Con cambios en la frecuencia de rotación del rodete de la bomba se obtiene el siguiente comportamiento en el año 2023:

Una vez identificado el problema para el escenario conservador, la Unidad Gestión de la



Gráfica 8. Resultados del escenario 2023 con alternativa de solución. Caudales bombeados de ingreso (izquierda), niveles (centro) y caudal de distribución (derecha) en tanques Picacho (azul), Doce de Octubre (verde) y París (rojo). Resultados con solución propuesta.

A partir de los resultados de la alternativa de solución, se realizó una optimización de los volúmenes bombeados de la estación Picacho.

La estación Picacho cumple con los siguientes criterios de análisis para la optimización:

- Tres grupos de bombeo que succionan del tanque Picacho.
- El tanque Doce de Octubre es de llegada, y su demanda está asociada con los circuitos Doce de Octubre y París (estación de bombeo Doce de Octubre - París).

Se utilizó el aplicativo de Excel bajo las siguientes premisas o consideraciones:

- La condición de demanda se toma para un día típico de la semana, "jueves", y el análisis se realiza para un periodo de 24 horas con paso de tiempo de 1 hora.
- El tanque Picacho es de succión, y se asume que el nivel de succión permanece constante en su nivel medio.
- El caudal medio bombeado y la potencia media eléctrica de cada combinación de bombas se presenta en la siguiente tabla.

Grupos	Código	Q-m3/h	w-h	Q-lps
na	000	0		0
G3 Mayor Eficiencia	001	434,88	15	120.8
G2, G3	011	689	14	195.97
G1, G2, G3	111	880	03	247.3
G2	010	392.4	11	109
G1, G2	110	na	a	na
G1 Menor Eficiencia	100	392.4	09	108
G1, G3	101	na	a	na

Tabla 4. Combinaciones de bombas - valores promedio.

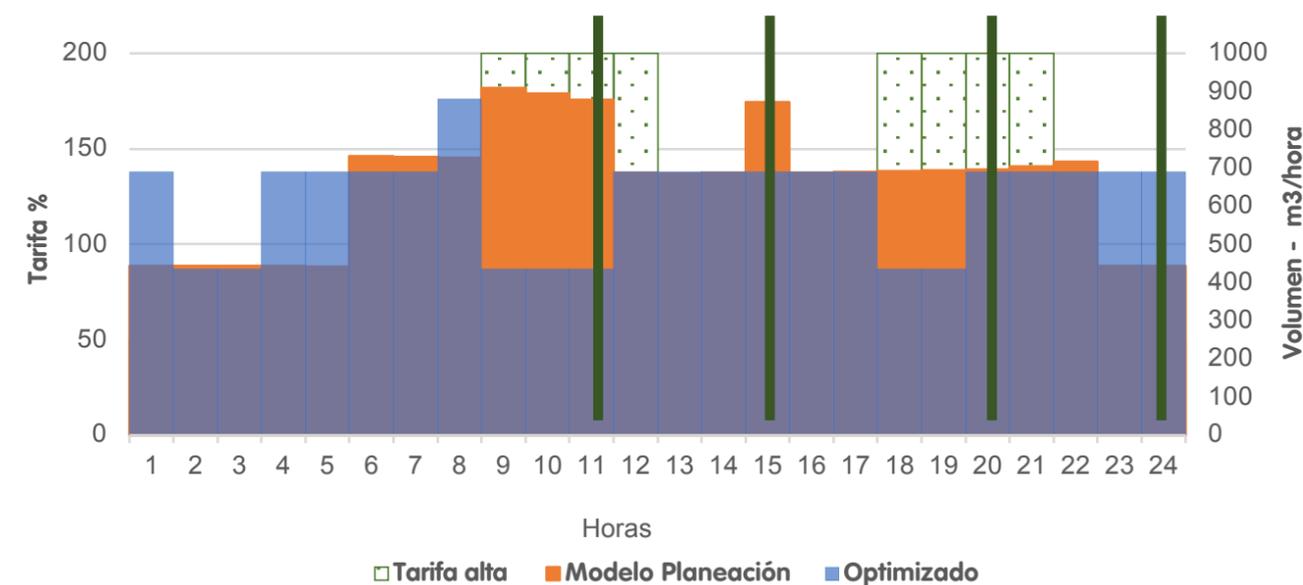
Los resultados del análisis de optimización se presentan en las siguientes ilustraciones, donde se comparan los volúmenes bombeados en la "estación Picacho", y se comparan los niveles en el tanque de llegada del "Doce de Octubre".

La Grafica 8 muestra en color naranja los volúmenes bombeados según el modelo hidráulico con alternativa de solución al escenario 2023, y en color azul los volúmenes bombeados optimizados. Las franjas en color verde muestran los horarios donde el costo de la energía es más elevado.

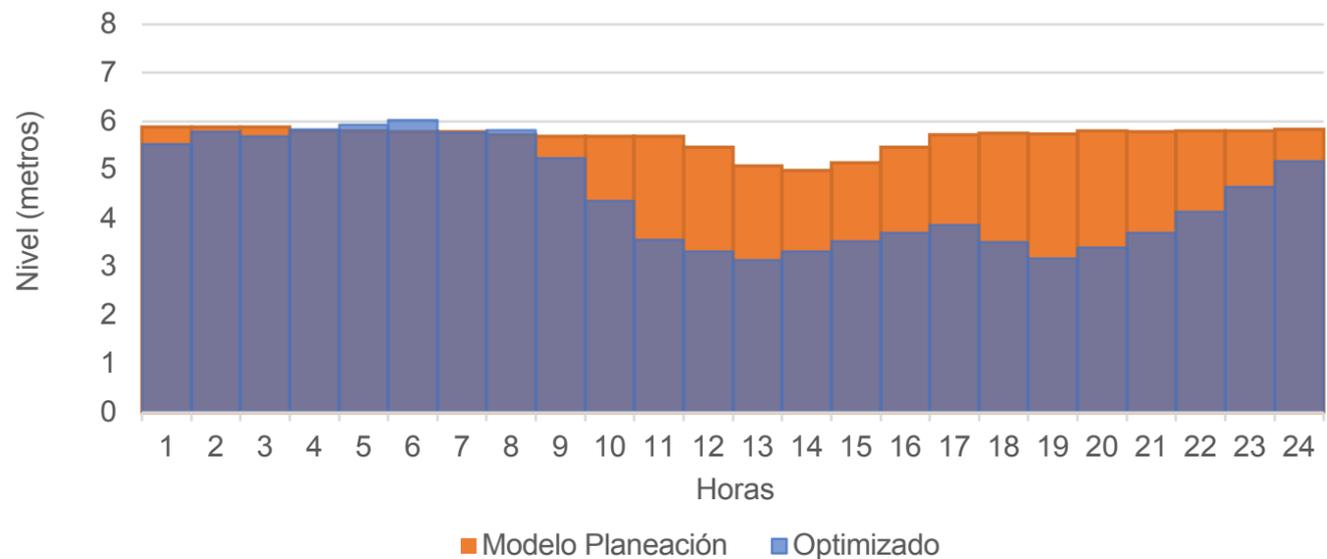
La Grafica 9 muestra en color naranja los niveles arrojados por el modelo hidráulico, y en color azul los niveles arrojados en el proceso de optimización.

Los principales resultados del proceso de optimización son:

- Reducción del volumen bombeado al día. Para este caso se obtiene una reducción de 830 m3 del volumen bombeado, lo que corresponde al 4,3 % del volumen simulado bajo las condiciones de planeación.
- Reducción del costo de energía al día. Para este caso se puede estimar un ahorro del orden del 15%, ya que encuentra la condición de mínimo uso de grupos de bombeo en las horas de tarifa alta.



Gráfica 10. Comparación de volúmenes bombeados en la estación Picacho.



Gráfica 10. Comparación de niveles del tanque de llegada Doce de Octubre.



Conclusiones

- La modelación horaria e integral del sistema primario permite predecir el comportamiento de las estaciones de bombeo, las redes de impulsión y los comportamientos de los tanques de forma más precisa. Esta herramienta disminuye la complejidad de la planeación de las inversiones del sistema primario de acueducto, al poder utilizar distintos escenarios de manera confiable.
- Utilizar un modelo con las cadenas de bombeo del sistema primario hace posible

estimar la energía consumida por cada grupo de bombeo, así como sus costos en la escala de tiempo deseada. También facilita analizar la relación entre el plano de presiones del sistema y el comportamiento de las bombas.

- La operación del sistema se puede mejorar combinando herramientas de simulación y optimización.

Referencias

- Sotelo, Basulado, Doldan y Baran. "Algoritmos evolutivos multiobjetivo combinados para la optimización de la programación de bombeo en sistemas de suministro de agua", Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. Recuperado de https://www.cnc.una.py/publicaciones/1_53.pdf
- Empresas Públicas de Medellín. "Informes de eficiencias de los sistemas de bombeo", Medellín, Recuperado de <http://scadasih1/aguas/consultas/index.html>.
- Bentley System Inc, Manual del usuario Water-GEMS CONNECT Edition. Recuperado de www.haestad.com

Cómo citar este artículo:

Montes Correa, R. E., Posada España, J. J., Rincón Ochoa, L.A. (2019). La modelación y optimización, herramientas de planeación de los sistemas de bombeo de acueducto. En: *Revista EPM*, (14). p. 81-99



Así nació el Variómetro

Thus was born the Variometer

**Carlos Mario
Montoya Gallego**

Unidad Operación Integrada Agua y Saneamiento, EPM

carlos.montoya.gallego@epm.com.co

Resumen

Desde el año 2011 se viene trabajando en el desarrollo de una herramienta informática en EPM, que permita detectar variaciones en las señales del acueducto que representen fugas de agua o daños en los elementos del sistema de acueducto. El resultado de este trabajo se

conoce como Variómetro, herramienta que funciona enviando una señal de alerta a los tecnólogos del Centro de Control, quienes a partir de estas señales deben analizar y tomar acciones correctivas.

Palabras clave:

Variómetro, Sistema Scada, OSA, Operación Sistema Acueducto, Distribución primaria, Tiempo real.

Key words:

Variometer, Scada System, OSA, Aqueduct System Operation, Primary Distribution, Real Time.

Introducción

En el año 2011 el propósito del mencionado PIDD en el Centro de Control Aguas fue desarrollar un programa prototipo que nos diera un aviso cuando uno de los medidores de distribución de los tanques registrará un incremento que representara una posible fuga de acueducto.

En otras palabras, nuestro proyecto fue crear un sistema que vigilara todo el tiempo los medidores de caudal de los tanques y nos alertara cuando algo no estuviera funcionando correctamente. Teníamos una muy buena idea. Y muchas ganas de hacerla realidad.

1. El sistema Scada

Para entender el funcionamiento de nuestro desarrollo es necesario viajar en el tiempo y retroceder a finales del siglo XX. En 1992 EPM comenzó a monitorear el acueducto desde un sistema Scada, sigla que significa Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Eso quiere decir que a través de un software para ordenadores se pueden controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

Desde entonces se vienen instalando medidores de niveles en los tanques de almacenamiento, medidores de caudales de distribución y medidores de presión en las redes de acueducto de distribución primaria y de distribución secundaria, haciendo más técnica la operación del sistema de acueducto desde un centro de control.

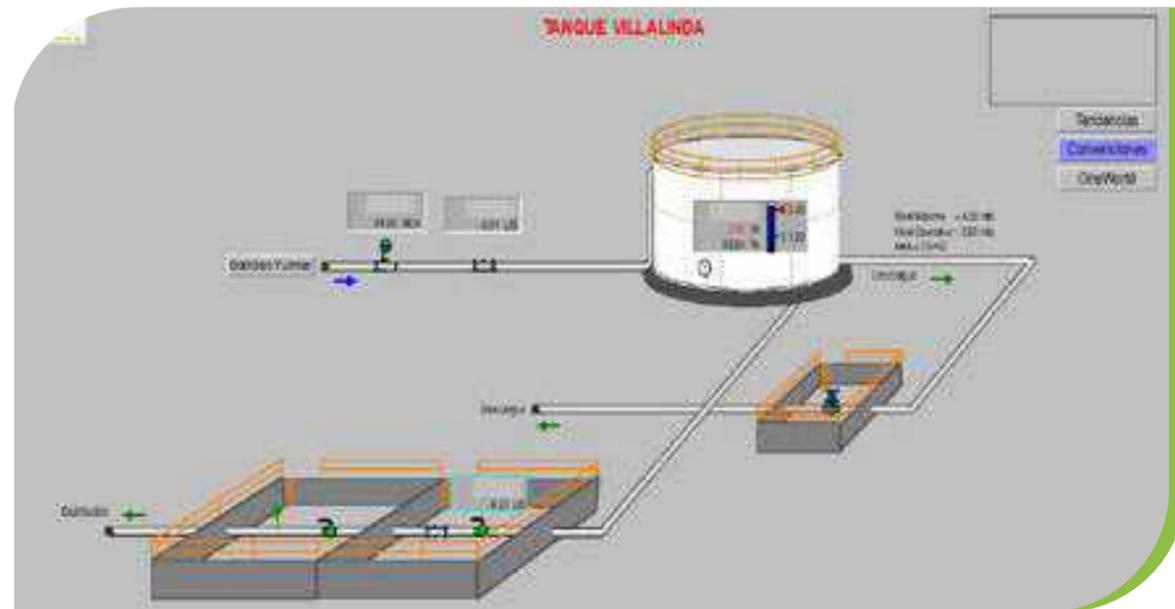


Imagen 1. Despliegue del sistema Scada (EPM, 2018).

Con el paso del tiempo se fue aprovechando cada señal que llegaba a las consolas del Centro de Control. Los tecnólogos cuentan ahora con una gran herramienta para la operación del acueducto de Medellín, toda vez que el sistema Scada permite guardar la historia del comportamiento de cada uno de los medidores, y es precisamente esa historia la que permite a los tecnólogos de esta área tomar decisiones acertadas para planear trabajos o actuar sobre un elemento del sistema de acueducto.

El sistema Scada permite programar diferentes tipos de alarmas, como son las alarmas críticas y las no críticas. Las alarmas críticas son sonoras, para alertar al tecnólogo del Centro de Control, de modo que pueda analizar y actuar de manera inmediata para la solución al problema.

Con todo lo bueno que tiene un sistema Scada, no se contaba con la posibilidad de configurarlo para alertar sobre un incremento de caudal de carácter mediano. Una fuga de acueducto solo se podía detectar cuando un medidor de caudal de distribución superaba un valor alto; así, entonces, se activaba una alarma crítica.

En muchos casos de alarma mediana (no crítica) los tecnólogos del Centro de Control se enteraban de las fugas por las quejas de los usuarios sin que se activara una alarma. Fue precisamente esta situación la que nos motivó a crear la nueva herramienta de trabajo, el Variómetro.

Osa

Operación Sistema Acueducto

Imagen 2. OSA, aplicación desarrollada entre 1990 y 1992 para generar informes para la Gerencia de Acueducto y para los ingenieros de Operación (EPM, 2011).

2. El primer Variómetro

En el año 2011 trabajamos en un prototipo que corría sobre la aplicación OSA (Operación Sistema Acueducto), un programa que nosotros mismos desarrollamos entre 1990 y 1992 y que aún está vigente. OSA fue creada para generar los informes para los ingenieros de Operación y para la Gerencia de Acueducto.

El nombre de la aplicación, "Variómetro", viene de un elemento electrónico de la aviación; sirve para medir las variaciones de la presión atmosférica y da avisos permanentes a los pilotos y a los operadores de la torre de control para evitar accidentes aéreos.

En nuestro programa, el Variómetro analiza las variaciones de los medidores electrónicos que tenemos en el acueducto de EPM.

Terminado el año 2011 habíamos cumplido la tarea, el prototipo del Variómetro estaba

funcionando, pero no se consideraba un proyecto definitivo porque la aplicación OSA ya era una aplicación obsoleta.

El prototipo trabajó todo el año 2012 y 2013 de una manera poco ortodoxa, pues era necesario hacer un proceso manual entrando a la aplicación OSA para que procesara la información recibida y arrojara una alerta si se presentaba.

En el año 2014, al establecerse los compromisos de un nuevo PIDD, el objetivo fue pasar del prototipo a una aplicación desarrollada en la plataforma .NET en tiempo real, de modo que permitiera hacer seguimiento a los valores de los medidores electrónicos del sistema de acueducto de EPM a través de un sistema Scada.



Imagen 3. Variómetro funcionando para caudales de distribución de los tanques (EPM, 2015).2018).

3. La importancia del Variómetro

Tener el Variómetro significa contar con un programa que esté vigilando en tiempo real los valores de los medidores electrónicos. Utilizando un método de comparación, envía información a los tecnólogos del Centro de Control cuando se presente una variación que supere los estándares previamente analizados.



Al finalizar el año 2014 nuevamente estábamos orgullosos de cumplir con nuestros objetivos. El Variómetro funcionaba perfectamente, corría de manera automática y en tiempo real para los medidores de caudal de distribución de los tanques de almacenamiento.

Para el año 2015 el Variómetro se había convertido en una herramienta fundamental para la operación del acueducto; alertaba oportunamente una variación en los medidores

de distribución secundaria, enviando un aviso de alerta al tecnólogo de distribución primaria para que hiciera el análisis pertinente y tomara una decisión rápida y oportuna.

En el año 2016 ampliamos la cobertura de funcionamiento del Variómetro: ya detectaba las fugas en conducción, está vez haciendo monitoreo a las presiones del sistema de distribución primaria. Estas conducciones son las más grandes del acueducto y, por ende, cuando se presenta una fuga se considera de gran impacto.

En ese momento nos sentimos supremamente felices de haber desarrollado esta aplicación, sobre todo porque permite evitar desastres o daños de mayor magnitud, donde se podían ver involucradas vidas humanas.

Continuamos trabajando y mejorando la herramienta. EPM venía instalando válvulas reguladoras de presión en la distribución secundaria, también monitoreadas de manera remota y con señal de caudal y de presión. Ya éramos expertos en el manejo del Variómetro y lo pusimos a funcionar para las válvulas reguladoras de presión.

Es así que al presentarse una fuga en la distribución secundaria la toma de decisiones se hacía más sencilla. Podíamos decir: "tenemos una fuga en el sector tal, porque la válvula xxx está en alarma". Con esta información lográbamos actuar rápidamente, aislando el sector de la fuga y evitando el desperdicio del vital líquido o la afectación material de una vivienda.

Lo que viene

- En el año 2018 trabajamos en algunos ajustes, mejorando aún más la presentación y el almacenamiento de la historia de los daños. Sin embargo, seguimos pensando que se logró el desarrollo de una herramienta muy importante para la oficina donde operamos y telecomandamos el acueducto de Medellín: por eso creemos que es inevitable que el Variómetro vigile también las señales de temperatura de los bombeos y nos alerte de manera temprana para hacer mantenimiento preventivo.

- El Variómetro lo soñamos en 2010. Hicimos el prototipo en 2011 y lo pusimos a punto, como lo imaginamos, 8 años atrás.

- Cuando estoy en mi casa viendo televisión y encuentro que en un programa de entrevistas están explicando "qué es eso que llaman inteligencia artificial y el internet de las cosas", lo presentamos como algo futurista. Pero nosotros en EPM ya lo hemos hecho.

Referencias

- Asociación pasión por volar (2011). Variómetro: nociones básicas. En: El mundo de la aviación. Tomado de: <http://www.pasionporvolar.com/variometro-nociones-basicas/>

- EPM (2018). Sistema SCADA: Supervisor y Control and Data Acquisition. Medellín.

- EPM (2011). OSA: Operación Sistema Acueducto. Medellín.

Cómo citar este artículo:

Montoya Gallego, C. M. (2019). Así nació el Variómetro. En: *Revista EPM*, (14). p. 101-107



Criterios de sostenibilidad de proyectos productivos rurales para contribuir a la construcción de territorios sostenibles y competitivos

Sustainability criteria of rural productive projects to contribute to the construction of sustainable and competitive territories

Iván Darío
Pineda Londoño

Unidad de Gestión Ambiental y Social
Dirección Planeación Generación Energía EPM

ivan.pineda@epm.com.co

Resumen

El enfoque de las intervenciones de apoyo a proyectos productivos rurales debe orientarse hacia la sostenibilidad y armonizarse con perspectiva de desarrollo rural y de superación de la pobreza y la inequidad. Esto implica, entre otras cosas, entendimiento de la integralidad del desarrollo rural y acción coherente en articulación con iniciativas del orden nacional, departamental, local y comunitarias; visión

integral y de largo plazo y establecimiento de alianzas estratégicas para la captura de sinergias con otras instituciones públicas, organizaciones comunitarias y ONG. Este artículo señala el alineamiento de intervenciones de EPM con el direccionamiento estratégico corporativo y aporta 25 criterios de sostenibilidad agrupados en 7 ejes temáticos.

Palabras clave:

Sostenibilidad, Desarrollo rural, Integralidad, Largo plazo, Proyecto productivo.

Key words:

Sustainability, Rural development, Integrality, Long term, Productive project.

Introducción

Como una de las contribuciones de EPM a la construcción de territorios sostenibles y competitivos está el apoyo a proyectos productivos sostenibles. Esto, a su vez, incide en generar condiciones favorables de acogida y convivencia de EPM en los territorios, traducidas finalmente en posibilidades de permanencia y sostenibilidad de los negocios. Es un asunto de responsabilidad y ética con los territorios y con la sociedad en general.

La decisión de apoyar estos proyectos productivos debe referenciarse a unas condiciones que permitan obtener reales y significativos

impactos sociales, económicos y ambientales, armonizados con los intereses del negocio de Generación y de EPM.

La sostenibilidad de los proyectos productivos y del desarrollo rural mismo, es un asunto multifacético en el cual todas las piezas del engranaje (economía, recursos naturales, valores culturales, tecnología, Estado y sociedad), deben establecer relaciones sinérgicas, complementarias y concomitantes para el desarrollo territorial equilibrado y armónico.

1. Encuadre estratégico

1.1 Direccionamiento Estratégico Corporativo del Grupo EPM

El Direccionamiento Estratégico del Grupo EPM establece como propósito la sostenibilidad y el crecimiento con Responsabilidad Social Empresarial como el foco transversal de la gestión. Es generador de capacidades, respetuoso de las condiciones locales virtuosas y transformador de aquellas no tan constructivas de cara al desarrollo humano sostenible, para favorecer, a través del actuar de las personas, la sostenibilidad de la Empresa y de sus entornos.

1.2 Política de Responsabilidad Social Empresarial

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) debe ser el marco de actuación dentro del cual se desarrollan los objetivos estratégicos del Grupo EPM, para contribuir al desarrollo

humano sostenible a través de la generación de valor social, económico y ambiental, acogiendo temáticas sobre sostenibilidad contempladas en iniciativas locales, nacionales y mundiales.

La actuación empresarial socialmente responsable tiene un fundamento ético a partir del reconocimiento de los impactos que sus decisiones tienen sobre los grupos de interés; está articulada con el Gobierno Corporativo y se gestionará desde el quehacer diario de la Empresa y de las personas que la conforman.

1.3 Direccionamiento Estratégico del negocio de Generación Energía

Al interior del negocio de Generación de Energía el Direccionamiento Estratégico está enfocado en la adaptación al cambio tecnológico. Esta estrategia se estructura a partir de la definición



del imperativo estratégico y 4 focos de gestión, cada uno con sus planes de trabajo.

Imperativo estratégico

“Crecer de manera sostenible a través del desarrollo de proyectos, la producción y comercialización de energía y la incorporación oportuna de nuevas tecnologías, contribuyendo al **desarrollo con equidad en los territorios** donde incursiona”.

Focos estratégicos de gestión

Los focos estratégicos de gestión corresponden a la definición y priorización de temas de gestión a abordar por el negocio, para generar, desarrollar o mantener las ventajas competitivas y el crecimiento.

En consecuencia, se han definido cuatro focos estratégicos (ver la Ilustración 1). El apoyo a proyectos productivos está alineado con los focos estratégicos “Sostenibilidad ambiental y social de territorios” y “Expansión y transición energética”, desde la contribución a la sostenibilidad de las regiones de interés, tanto de proyectos en operación como de proyectos en estudio.

1.3.1 Foco estratégico sostenibilidad ambiental y social de territorios

Con los planes de trabajo “Alianzas para el desarrollo” y “Protección hídrica”.

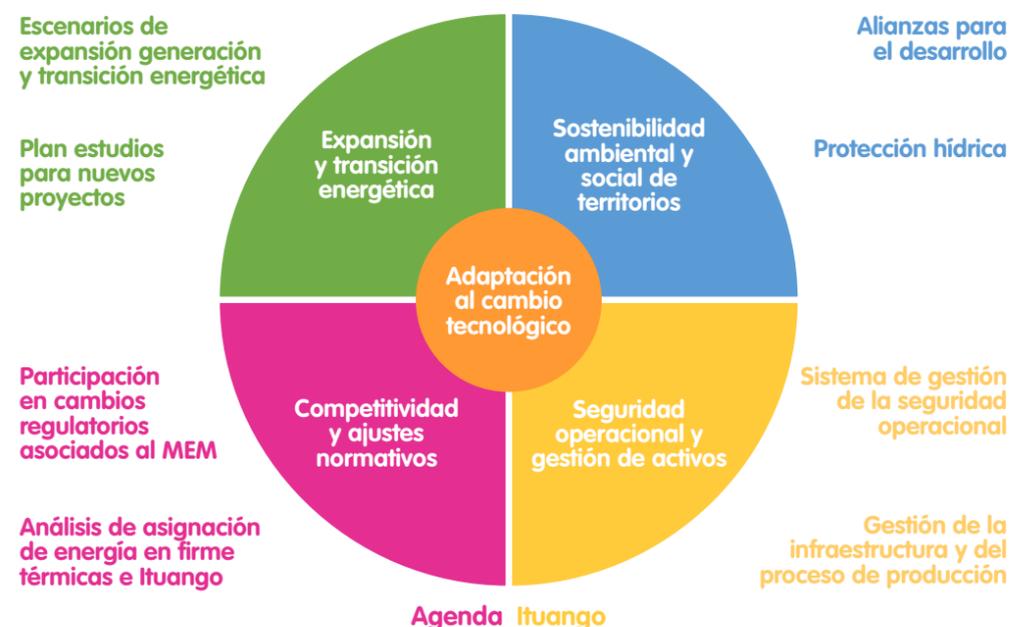


Ilustración 1. Direccionamiento Estratégico del negocio de Generación Energía.

2. Antecedentes de la gestión ambiental

En la estructura anterior de EPM, desde la Subgerencia Ambiental de la Gerencia Generación Energía, EPM ha intervenido en los territorios en los cuales hace presencia a través del Programa de Desarrollo Institucional y Comunitario -PDIC-. Por su parte, en la actual estructura, la intervención ha sido desde la Unidad de Gestión Ambiental y Social, de la Dirección Planeación Energía, mediante la estrategia Alianzas para el Desarrollo.

Resultados generales de la evaluación del PDIC, por la fundación Carvajal

La conclusión más relevante a la cual llegó la Fundación Carvajal sobre el PDIC es que a pesar de los esfuerzos continuados y hasta cierto punto generoso en recursos, no se ha logrado generar

impacto sostenible en las comunidades y en el desarrollo territorial. Algunas de las causas de esto son: i) el corto plazo de las intervenciones; ii) los esfuerzos de EPM han partido de la oferta institucional y no como respuesta objetiva a las necesidades regionales y de las comunidades; iii) es necesario repensar el diseño actual de la intervención social hacia una intervención social integral; y iv) el PDIC, soportado en las políticas corporativas ha limitado el rol del equipo a un concepto de interventoría técnica, financiera y normativa.

Con base en el diagnóstico de las limitaciones del PDIC para generar impactos en las comunidades y los territorios, la Fundación Carvajal propone unos lineamientos estratégicos para futuras

intervenciones: i) tener en cuenta que los desafíos del desarrollo deben ser atendidos desde un enfoque de atención a las demandas más que desde la oferta institucional; ii) las subregiones reclaman mayor inversión en condiciones diferentes de cofinanciación según las capacidades reales de cada municipio; iii) las iniciativas inter-regionales sobre temas de infraestructura, producción, educación, ambiente entre otras, deberán enmarcarse en programas estables y de gran impacto; iv) el PDIC debe avanzar hacia un esquema de gestión del desarrollo integral por resultados

y no por actividades o cumplimiento de metas de inversión; v) redefinir los alcances de la intervención, estableciendo grados de impacto a mediano y largo plazo; vi) las acciones (planes, programas o proyectos) y las formas de operarlas, precisarían de mayor coherencia política y alineación estratégica hacia el logro de una mayor autonomía y sostenibilidad de los procesos a impulsar; y vii) en el PDIC la comunicación es un eje fundamental para la articulación de los grupos de interés y el posicionamiento, la imagen y la reputación de EPM.

3. Condiciones de sostenibilidad de proyectos productivos rurales

3.1 Premisa esencial

Para que un proyecto logre obtener los objetivos propuestos es absolutamente necesario que se cumplan dos condiciones esenciales: bien diseñado, bien ejecutado.

El buen diseño se refiere a que, en la formulación del proyecto, tanto los objetivos propuestos como los resultados y las actividades definidas, efectivamente sean pertinentes y suficientes para transformar de la manera deseada y posible la situación que motivó la intervención o el proyecto. Así mismo, que se formulen correctamente indicadores y se establezca un plan de monitoreo y evaluación.

La buena ejecución, se refiere a que efectivamente en la implementación del proyecto se ejecuten las actividades previstas, con los recursos y tiempos asignados, y se logren los resultados y objetivos pretendidos.

3.2 Condiciones para la sostenibilidad

La selección de los proyectos productivos que EPM considere de su interés apoyar debe cumplir con unas condiciones que, en su integralidad, se consideran como factores claves para lograr su sostenibilidad, reflejada finalmente en los impactos que se logren en los ámbitos social, ambiental, económico e institucional. Fundamentalmente, EPM está interesada en apoyar proyectos que contribuyan con la sostenibilidad del recurso hídrico y de los territorios y su competitividad.

Se considera que si un proyecto cumple con las condiciones establecidas alcanza niveles de impacto sostenibles. Es decir, de alguna manera se convierten en condición que deben lograr los proyectos que EPM apoye para contribuir a la construcción de territorios competitivos y sostenibles y no son condición previa para la decisión de apoyo por parte de EPM.

Un proyecto no necesariamente debe cumplir con todas las condiciones simultáneamente, pero sí un conjunto robusto de estas, que serán analizadas y decididas para cada caso específico.

Se han definido siete tipos de condiciones agrupadoras, que se consignan en la Tabla 1, con sus condiciones específicas cada uno.

Enfoque estratégico	Evaluabilidad	Tecnológicas y ambientales	Social / Organizativo	Económico	Institucional y político	Éticas
Contexto de desarrollo	Información suficiente para evaluar el proyecto	Tecnologías apropiadas: Se debe asegurar que puedan seguir funcionando a largo plazo, después de la ejecución del proyecto	Inclusivos	Rentabilidad económica	Coordinación interna	Respeto a los Derechos Humanos
Horizonte temporal de largo plazo			Socioeconómico, tamaño de productor	Posibilidad de agregación y distribución de valor	Asistencia técnica integral garantizada	Respeto e incorporación de los valores culturales
Horizonte espacial			Participación de los aliados objetivo	Disponibilidad de mano de obra	Capacidad institucional para el soporte del proyecto	
Enfoque de cadena productiva		Sostenibilidad ambiental: <ul style="list-style-type: none"> Tecnología ambientalmente sostenible Uso adecuado del suelo y del agua Cumplimiento de normas ambientales 	Asociatividad y empresarismo	Fuentes de financiación. Claridad sobre destinación	Cruce de funciones	
Alianzas estratégicas			Habilidades técnicas de los productores			
Articulación a la protección del recurso hídrico			Generación de capital social			

Tabla 1. Condiciones agrupadas de sostenibilidad e integralidad de proyectos.

3.3 Enfoque estratégico

3.3.1 Contexto de desarrollo

Para el negocio de Generación de Energía de EPM, los territorios en los cuales actúa son fundamentalmente rurales, es decir, que sus retos son de desarrollo rural, entendido este con alcance de integralidad. El abordaje de los retos de desarrollo exige la concurrencia interdisciplinaria para la planeación y ejecución de los programas y proyectos.

Premisas de la estrategia de desarrollo rural integrado

- El crecimiento del sector agrícola es la clave del desarrollo rural.
- El desarrollo de la agricultura exige desarrollo concomitante del sector secundario del sector terciario.

- Las fuerzas sociales cumplen un papel importante en el desarrollo agrícola. Dado que la producción agrícola es llevada a cabo por una multitud de productores individuales, constituye un factor crucial la buena voluntad de los mismos y su habilidad para participar en todo programa de cambio.

La Ilustración 1 muestra cómo algunas características del desarrollo de las unidades productivas agropecuarias evolucionan a medida que se avanza en la ruta del desarrollo. De importancia relevante es el entendimiento del papel que juegan la organización comunitaria y el sistema de soporte para el desarrollo del sector primario y, por ende, de los territorios.

Los objetivos de desarrollo económico que se propongan deben ser coherentes con el nivel de desarrollo del cual se parte, de tal manera que haya claridad sobre los retos a asumir y la posibilidad real de alcanzarlos.

Característica	Etapa del desarrollo			
	Subsistencia	Agricultura comercial		
		Diversificación	Especialización	Automatización
PIB/cápita US\$	150 - 450	650 - 3.000	2.800 - 6.000	>6.000
Estructura de la finca según ramas de producción	Principalmente cultivos básicos	Varios cultivos y cría animal	Una rama principal y otras complementarias	Una sola rama de producción
Destino de la producción	Predomina el autoconsumo	Comercialización, Procesamiento y autoconsumo	Comercialización, Procesamiento	Financiamiento para el procesamiento
Relación VA/valor de la producción %	90 - 60	60 - 40	40 - 20	<20
Nivel tecnológico a) tipo de tecnología b) VA/jornal (\$)	25.000 - 50.000	Intermedia variada 60.000 - 150.000	Alta especialización 190.000-350.000	Automatizada >400.000
Habilidad profesional del productor	Tradicional pero especializada	Intermedia pero variada	Especializada	Altamente especializada
Calendario anual de actividades	Estacional (subempleo estructural)	Equilibrada	Depende del tipo de producción	Permanente

Ilustración 2. Características predominantes de la Unidad de Producción Agrícola según cuatro etapas del desarrollo^{iv}.

En los primeros estadios del desarrollo agropecuario la organización comunitaria es imprescindible y su importancia decrece a medida que se avanza en el desarrollo. Contrariamente, el desarrollo del sistema de soporte no es tan importante que esté suficientemente desarrollado al principio en un territorio, y va cobrando preponderancia para posibilitar el desarrollo más avanzado.

El papel de la organización comunitaria es justamente gestionar que los productores tengan acceso a los servicios del sistema de soporte, a los que individualmente no podrían acceder o lo harían de manera desventajosa.

3.3.2 Horizonte temporal de largo plazo

El horizonte temporal para la planificación del desarrollo rural regional debe ser de largo plazo, 15 a 20 años y con visión integral. Para la implementación, la planificación puede ser de corto y mediano plazo, de 3 o más años, dependiendo de las características de cada proyecto productivo, de los ciclos productivos y del estado de maduración de su consolidación. Esto favorece que se tenga tiempo para la consolidación de las transformaciones productivas y del desarrollo concomitante de los servicios del sistema de soporte necesarios para lograr la sostenibilidad del desarrollo territorial. El enfoque no debe ser cortoplacista de proyectos, sino de procesos.

3.3.3 Horizonte espacial

En el marco de "Alianzas para el desarrollo", para el caso de las centrales hidráulicas el referente territorial coincide con el territorio de las cuencas. Este es el escenario espacial privilegiado para las actuaciones de EPM en procura de contribuir a la construcción

de territorios sostenibles y competitivos. No obstante, en algunos casos, son necesarias actuaciones por fuera de la cuenca, que generan impactos sobre la misma. Es importante entender que centros urbanos de regiones o zonas con predominio de actividades del sector primario son considerados como espacios estratégicos para el desarrollo rural, toda vez que en ellos se localizan muchos de los servicios del sistema de soporte a las actividades agropecuarias, así como otros servicios sociales que requiere la población rural para su bienestar y desarrollo. Por lo tanto, actuaciones en estos poblados rurales también son estratégicas para la promoción del desarrollo rural, aunque estén localizados fuera de las cuencas de interés pero con relaciones de soporte a las actividades en la cuenca.

Para el caso de centrales térmicas, solares o eólicas, el horizonte espacial se definirá de acuerdo con las condiciones específicas de la región en la cual se emplazan los proyectos. Mínimamente la planificación del desarrollo debe ser municipal, pero no exclusivamente.

3.3.4 Enfoque de cadena productiva

La mirada rectora de los proyectos productivos a apoyar debe hacerse desde la perspectiva de la cadena productiva. Esto permite tener una comprensión de las relaciones entre los agentes de la cadena y su estado de desarrollo individual, como eslabones de la cadena, para finalmente poder orientar las acciones y tener aproximación a la sostenibilidad de los proyectos y, fundamentalmente, poder actuar intencionalmente en dirección hacia el desarrollo.

3.3.5 Alianzas estratégicas

Las alianzas con otros actores, públicos, privados y, de manera relevante, comunitarios, deben ser condición para la decisión de apoyar proyectos productivos. Esto exige planeación conjunta y ejecución coordinada.

Las alianzas deben de ir más allá de la simple protocolización de acuerdos de trabajo o de voluntades con aportes de las partes. Y esto se logra en corto tiempo. La verdadera y necesaria alianza toma más tiempo y se construye mediante la puesta en común de objetivos comunes de las partes intervinientes, así como la práctica cotidiana de la ejecución de las actividades para el logro de los objetivos acordados.

3.3.6 Articulación a la protección del recurso hídrico

Los proyectos productivos de interés de EPM deben apostar a la conservación o recuperación del recurso hídrico, de tal manera que se alineen con la MEGA ambiental definida por EPM. Es de aclarar que los proyectos deben analizarse desde la perspectiva de cadena productiva, de tal manera que al menos alguno de sus eslabones le apueste a la protección del agua.

3.4 Evaluabilidad

3.4.1 Información suficiente para evaluar el proyecto

El diseño de los proyectos debe tener la suficiente información que permita formular indicadores a todo nivel, de tal forma que puedan ser evaluados objetivamente, tanto para la decisión de dar apoyo como para el seguimiento al desempeño y la evaluación ex post.

- Indicadores de gestión (lo que se hace), para seguimiento y evaluación de la ejecución de las actividades y del presupuesto del proyecto. Mide la eficiencia con la que se implementan los proyectos.

- Indicadores de resultado, para evaluar el nivel de consecución de los productos propuestos y su concordancia con la gestión de las actividades y del presupuesto.

- Indicadores de efecto (propósito, para qué se hace), que nos permiten medir el logro del propósito, es decir, el nivel de logro del cambio propuesto.

- Indicadores de impacto (fin), que permiten medir la perdurabilidad en el tiempo o no de los beneficios esperados, es decir, la sostenibilidad de las transformaciones esperadas con la correcta implementación del proyecto.

Por lo tanto, a todo proyecto se le debe formular y ejecutar su sistema de monitoreo y evaluación, de tal manera que se cuente con información oportuna y objetiva para el seguimiento del desempeño y del impacto. Lo que no se mide, no se puede administrar.

3.5 Condiciones tecnológicas y ambientales

3.5.1 Tecnologías apropiadas

Se debe asegurar que las tecnologías que se utilicen en el proyecto puedan seguir funcionando a largo plazo, después de la ejecución del proyecto. Por ejemplo, la disponibilidad de los repuestos, reglamentación suficiente en materia de seguridad, las capacidades locales de las mujeres y de los hombres en términos de

funcionamiento y de mantenimiento, así como la capacidad para financiar la utilización de las tecnologías con recursos generados por el proyecto.

3.5.2 Sostenibilidad ambiental

A EPM le interesa apoyar los proyectos productivos que gocen de sostenibilidad ambiental. Estos deben considerar las potencialidades y las restricciones ambientales, y muy especialmente deben vigilar la conservación del recurso hídrico y la protección de los embalses.

Todo sistema de producción se ve influido o determinado por la base natural que lo sustenta y, al mismo tiempo, toda acción de conservación sobre dicha base natural tendrá efectos e impactos sobre el sistema de producción. Conservación y producción son dos caras de una misma moneda.

En este sentido, los proyectos deben cumplir las siguientes condiciones fundamentales:

- Alineación con la política ambiental con alcance de grupo empresarial: el Grupo EPM, como prestador de servicios públicos relacionados con energía, agua potable, saneamiento básico y telecomunicaciones, es consciente de su interdependencia con el ambiente; por lo tanto, debe realizar una gestión ambiental integral de manera proactiva, con criterios de competitividad empresarial y sostenibilidad ambiental, económica y social.
- Tecnologías no deletéreas del medio ambiente: los sistemas productivos deben evitar o minimizar impactos negativos sobre los recursos naturales. Debe ser premisas

fundamentales: evitar la contaminación de aguas y la degradación de suelos, la deforestación y la afectación de biodiversidad. Por lo tanto, es posible que muchos proyectos requieran de la introducción de nuevas tecnologías, para que finalmente se logre sostenibilidad ambiental.

- Uso adecuado del suelo y del agua: uno de los factores importantes de degradación ambiental es, en algunos casos, adelantar actividades agropecuarias en suelos cuya aptitud no es la más adecuada para el desarrollo de las mismas. Y en otros casos, las malas prácticas culturales son los motores de degradación. Particularmente, para EPM la degradación de suelos por erosión representa uno de los mayores problemas por las altas cargas de sedimentos que finalmente se depositan en el fondo de los embalses. Igualmente, la utilización del agua debe considerar su uso sostenible, sea para riego o como medio de producción, así como también como receptora de residuos.
- Cumplimiento normas ambientales: proyectos productivos agropecuarios y no agropecuarios del tipo agroindustria, ecoturismo, producción artesanal de base ambiental y comercialización, también deben cumplir en sus procesos con las normas ambientales que les sean pertinentes, como vertimientos, disposición de residuos, emisión de gases y utilización de materias primas, entre otras.



3.6 Condiciones sociales

3.6.1 Inclusivos

Los proyectos e iniciativas a apoyar no deben limitar las posibilidades de interacción, de accesibilidad a los beneficios y de desarrollo de grupos minoritarios y más vulnerables de la población. La diversidad cultural, étnica y socioeconómica es inherente a los sistemas de producción, que finalmente son expresión de los valores culturales de los distintos grupos sociales de la población. El reconocimiento y respeto de las diferencias son condición necesaria para potenciar los cambios.

3.6.2 Socioeconómicas: tamaño de productor

La mayoría de la población que habita las cuencas de interés de EPM está compuesta por pequeños y medianos productores agropecuarios, con poca competitividad y alto déficit en indicadores sociales de pobreza y condiciones de vida. Es por eso que, con el fin de lograr el mayor impacto social, EPM debe primordialmente enfocar su apoyo en proyectos productivos que involucren a esta población. Igualmente se deben favorecer las mipymes vinculadas a eslabones agroindustriales y de comercialización de la producción primaria.

3.6.3 Participación de los aliados objetivo

Los aliados objetivo deben participar en todo el ciclo de los proyectos. Es muy importante que, desde el diseño, los aliados objetivo participen y expongan sus iniciativas, aportes y necesidades y puntos de vista, y también que acuerden cómo se medirán los logros; igualmente deben participar en la ejecución de los proyectos y en la evaluación. Demostrar esta participación de los aliados objetivo

debe ser condición indispensable para las decisiones de apoyo a proyectos. Por ninguna razón se debe caer en prácticas paternalistas, que finalmente sólo menguan las posibilidades de aprendizaje y sostenibilidad de aquellos a quienes está dirigido el apoyo y que son los actores responsables de la producción.

3.6.4 Asociatividad y empresarismo

La organización comunitaria es condición indispensable para la promoción del desarrollo en estadios iniciales. Por lo tanto, los proyectos deben considerar el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias. Igualmente, el abordaje de algunos eslabones de la cadena productiva, especialmente de post producción primaria (agroindustria, comercialización), exigen niveles de sentido y manejo empresarial que favorezcan su sostenibilidad. La organización comunitaria fortalecida es imprescindible para lograr las transformaciones sociales y económicas del desarrollo.

3.6.5 Habilidades técnicas de los productores

Los avances en la ruta del desarrollo implican procesos de transformación productiva e incorporación de nuevas técnicas de producción. Deberá asegurarse la correspondiente cualificación de los productores en dichas técnicas y es importante observar todo el ciclo para la consolidación de nuevas habilidades de los productores y dar el acompañamiento debido:

- **Aprestamiento.** consiste en impartir instrucción, sea teórica o práctica, la cual concluye con la apropiación de saberes por parte de los productores.

- **Aprendizaje:** continúa el ciclo con el aprendizaje, que consiste en poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el aprestamiento. Esta etapa del proceso se fundamenta en la premisa “saber y no hacer, no es aprender

- **Consolidación del nuevo productor:** es cuando los productores incorporan repetidamente a sus prácticas productivas los aprendizajes, ya actúan de manera más cualificada y han mejorado sus habilidades como productores.

3.6.6 Generación de capital social

La acción conjunta, concertada y coordinada entre los diferentes colectivos involucrados en los procesos de desarrollo es una condición indispensable para las transformaciones sociales y económicas que se propongan. El entendimiento de las comunidades y de los individuos, de su rol en su progreso, es condición fundamental para que finalmente se construyan niveles de empoderamiento para su desempeño eficaz, a partir de las transformaciones del ser individual y del colectivo, que conduzcan a la construcción y aprovechamiento sostenido de nuevas oportunidades de progreso y bienestar.

“El capital social es considerado la variable que mide la colaboración social entre los diferentes grupos de un colectivo humano, así como el uso individual de las oportunidades surgidas a partir de ello, desde tres fuentes principales: el afecto, la confianza mutua, las normas efectivas y las redes sociales. El capital social mide, por tanto, la sociabilidad de un conjunto humano y aquellos aspectos

que permiten que prospere la colaboración y el uso, por parte de los actores individuales, de las oportunidades que surgen en estas relaciones sociales. Una sociabilidad entendida como la capacidad para realizar trabajo conjunto, la de colaborar y llevar a cabo la acción colectiva” .

3.7 Condiciones económicas

3.7.1 Rentabilidad económica

Los proyectos productivos que EPM decida apoyar tienen que garantizar el logro de niveles de rentabilidad económica positiva. Esto es un objetivo para lograr. En muchos casos, la introducción de cultivos no tradicionales puede representar opciones para revertir usos conflictivos del suelo o fuentes alternativas o complementarias de ingresos. No obstante, su introducción no debe significar riesgos para los productores. En este sentido, primero de debe desarrollar la investigación para la producción (ensayos pilotos), luego hacer la validación de tecnología para, finalmente en etapas posteriores, abordar el fomento.

3.7.2 Posibilidad de agregación y distribución de valor

Una de las mayores desventajas de los productores agropecuarios campesinos es la no agregación de valor a la producción primaria. En las cadenas de comercialización, los menores márgenes de contribución se encuentran en este primer eslabón de la cadena, y no en pocas ocasiones hasta con pérdida económica.

De otro lado, la mayoría de los procesos de transformación de productos agropecuarios se realiza por fuera de las zonas de producción,

perdiendo así la oportunidad de incrementar el valor agregado regional y el ingreso de la población.

En consecuencia, se deben apoyar proyectos de transformación, intermedia o final, de la producción agropecuaria en las regiones de producción; privilegiando, en la medida de lo posible, que los productores primarios aborden estos procesos de agregación de valor.

3.7.3 Disponibilidad de mano de obra

Nuevas actividades como mejorar eficiencias productivas, implementar nuevos cultivos, ampliar escalas de producción y adelantar procesos de post cosecha y transformación, demandan cantidades adicionales de trabajo. Se debe asegurar que estas nuevas actividades cuenten con disponibilidad de mano de obra de manera oportuna.

3.7.4 Fuentes de financiación

En la financiación de proyectos productivos como estrategia para incidir en el desarrollo, concurren recursos financieros de origen público y privado y de donaciones. Por principio, los recursos públicos se deben orientar a la financiación de bienes y servicios públicos (asistencia técnica integral, vías terciarias, adecuación de tierras, infraestructura de comercialización y crédito, entre otras), para generar facilidades a la producción privada. No obstante, en determinados casos los dineros públicos pueden aplicarse como subsidios o incentivos (no como política permanente), para lo cual se deben considerar asuntos como montos de contrapartida, duración, frecuencia y beneficiarios.

3.8 Condiciones institucionales y políticas

3.8.1 Coordinación interna

Diferentes dependencias de EPM desarrollan intervenciones en los territorios orientadas hacia la “promoción del desarrollo o el mejoramiento de las condiciones de vida de la población”. Es frecuente que las propuestas solo las conozcan las dependencias que las proponen y ejecutan, lo que lleva a redundancias, saturación en algunos casos de los aliados objetivo y duplicación de esfuerzos. Deberá procurarse la construcción de una visión conjunta de EPM para la intervención en los territorios, y esto supone que deben hacerse esfuerzos internos en términos de planeación conjunta y ejecución coordinada.

3.8.2 Asistencia técnica integral garantizada

En todos los proyectos que se apoyen deberá garantizarse el acompañamiento técnico especializado, con una dedicación suficiente, continuada y de varios años, considerando todas las disciplinas que involucren la integralidad de los proyectos y procesos de cambio.

3.8.3 Capacidad institucional para el soporte del proyecto

Los aliados institucionales para la ejecución de proyectos deberán comprometer explícitamente su apoyo en términos financieros y técnicos suficientes, para dar soporte de manera eficiente y eficaz. Deberá asegurarse que el gobierno asociado demuestre su apoyo para la continuación de los servicios del proyecto más allá del período de la financiación por parte la alianza EPM – PNUD y de los donantes que concurren durante la implementación

3.8.4 Cruce de funciones

Las iniciativas a apoyar por parte de EPM deben reflejar la articulación de los instrumentos de planificación nacional, departamental y municipal, así como de las autoridades ambientales (función vertical) con los sectores económicos -agricultura, industria, servicios y sus sub-sectores-, el análisis de las condiciones de vida de la población -educación, salud-, infraestructura existente y el potencial de los mercados fuera de la región -infraestructura física-, poder adquisitivo y condiciones geográficas (función horizontal). Este cruce de funciones es el escenario en el cual es posible encontrar la voluntad concurrente de los diferentes actores del desarrollo. Esto le apuesta a la viabilidad de los proyectos y favorece su sostenibilidad. De esta manera, se actúa en el escenario de cruce de funciones, condición necesaria de viabilidad política del desarrollo.

3.9 Condiciones éticas

3.9.1 Respeto a los Derechos Humanos

Siempre se deberá velar por respetar los Derechos Humanos durante todo el ciclo de los proyectos. Muy especialmente, velar por la no discriminación sin importar el género, religión, opiniones políticas y procedencia. Igualmente observar respeto a la libre decisión de formar asociaciones y a buenas condiciones de trabajo.

3.9.2 Respeto e incorporación de los valores culturales

Reconocer los valores culturales de las comunidades es necesario para comprender las lógicas y reglas que rigen sus comportamientos frente a propósitos de beneficios comunitarios e individuales. Dichos valores configuran el ámbito cultural en el cual se inscribirán los proyectos y las relaciones con instituciones de apoyo y en el cual se materializarán los cambios en la ruta deseada del desarrollo.



Conclusión

Los proyectos productivos que decida apoyar EPM desde sus actuaciones de responsabilidad social deben apuntarle a la sostenibilidad. Es necesario el entendimiento de que se trata de procesos de desarrollo rural, enfoque de cadena productiva, perspectiva de largo plazo que supere las vigencias fiscales y transformación territorial más allá de lo local, además de considerar que la

participación de las comunidades organizadas es condición indispensable. Igualmente es necesario tener claridad sobre el estado inicial de desarrollo en que se encuentra el territorio a intervenir para trazar los objetivos pertinentes y razonablemente alcanzables con la ejecución de las intervenciones.

Referencias

Weitz, R. (1981) *Desarrollo rural integrado*. México: Imprenta Madero

SIRAP Macizo. (S.f). *Elementos para definición de lineamientos de producción sostenible en condiciones del macizo colombiano*.

Notas

i Área responsable en el acta: Dirección de Responsabilidad Social Empresarial. Aprobada Acta 1508 de Junta Directiva 01 /09/ 2009.

vi Son principalmente los servicios de crédito, provisión de insumos, asistencia técnica y comercialización.

ii Es necesario formular indicadores de impacto, efecto, resultados y de gestión.

vii La "cadena productiva" se concibe como un conjunto de eslabones vinculados entre sí por relaciones de tipo proveedor-cliente-proveedor y acompañada por órganos interesados. Vista en su conjunto, la cadena productiva es definida como un proceso sistémico en el que los actores de una actividad económica interactúan desde el sector primario hasta el consumidor final, basados en el desarrollo de espacios de concertación entre el sector público

iii Weitz, R. (1981) *Desarrollo rural integrado*. México: Imprenta Madero. (P.17).

iv Con base en Raanan Weitz. Op. Cit.

v Lo que va cobrando importancia son las organizaciones gremiales.

y privado, orientados a promover e impulsar el logro de mayores niveles de competitividad de dicha actividad. <http://html.rincondelvago.com/cadenas-productivas.html>

viii La "cadena productiva" se concibe como un conjunto de eslabones vinculados entre sí por relaciones de tipo proveedor-cliente-proveedor y acompañada por órganos interesados. Vista en su conjunto, la cadena productiva es definida como un proceso sistémico en el que los actores de una actividad económica interactúan desde el sector primario hasta el consumidor final, basados en el desarrollo de espacios de concertación entre el sector público y privado, orientados a

promover e impulsar el logro de mayores niveles de competitividad de dicha actividad. <http://html.rincondelvago.com/cadenas-productivas.html>.

ix SIRAP Macizo. Elementos para definición de lineamientos de producción sostenible en condiciones del macizo colombiano. Resumen ejecutivo.

x EPM. Área Responsable en el Acta: Dirección de Relaciones Externas y Medio Ambiente. Aprobada Acta 1489 de Junta Directiva 07/07/2008.

xi [https://es.wikipedia.org/wiki/Capital_social_\(sociolog%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Capital_social_(sociolog%C3%ADa)).

Cómo citar este artículo:

Pineda Londoño, I. D. (2019). Criterios de sostenibilidad de proyectos productivos rurales para contribuir a la construcción de territorios sostenibles y competitivos. En: *Revista EPM*, (14). p. 109-125

Información sobre la Revista EPM

Luz Beatriz Rodas Guerrero

Profesional Gestión Humana y Organizacional

Teléfonos. 380 6341 - 380 6523

e-mail. luz.rodas@epm.com.co

Revista impresa en papel reciclado en Colombia, mediante el aprovechamiento de materias primas obtenidas a partir de material posconsumo.

estamos ahí. comprometidos con el cuidado del medio ambiente.



estamos ahí.