

**PROPUESTA DE MODELO PARA LA ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DE
SOLUCIONES DIGITALES EN LA EMPRESA. CASO DE ESTUDIO APLICADO A
UNA EMPRESA DE ACUEDUCTO.**

DIEGO ALBERTO GIRALDO GÓMEZ



**Universidad de La Sabana
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de Ingeniería
Chía, Colombia
2021**

**PROPUESTA DE MODELO PARA LA ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DE
SOLUCIONES DIGITALES EN LA EMPRESA. CASO DE ESTUDIO APLICADO A
UNA EMPRESA DE ACUEDUCTO.**

DIEGO ALBERTO GIRALDO GÓMEZ



Trabajo presentado como requisito parcial para obtener el título de

MAGÍSTER EN GERENCIA DE INGENIERÍA

Director

M. Eng. MANUEL ALFREDO FIGUEREDO MEDINA

Universidad de La Sabana

Facultad de Ingeniería

Chía, Colombia

2021

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de grado fue un reto a nivel académico y personal por lo que quiero agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de cumplir esta meta, a mi familia por su apoyo incondicional y paciencia durante las largas jornadas de estudio e investigación, a la Universidad que a través de sus directivos institucionales siempre ofrecieron alternativas que me permitieron culminar satisfactoriamente esta etapa, al M. Eng. Manuel Figueredo por su valiosa asesoría, confianza, paciencia y motivación, al M.I.I. Andres Cardona por su orientación y apoyo, al MBA. Alejandro Echeverry por su disposición y acertados consejos, y finalmente, a todos los amigos y demás personas que de una u otra manera aportaron en el desarrollo y culminación de este trabajo.

RESUMEN

En Colombia, con el interés de mejorar la forma en que las empresas de acueducto operan sus redes de acueducto, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, actualizó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, mediante la Resolución 0330 de 2017. La resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, y su actualización incluye lineamientos para mejorar la eficiencia energética y operativa incorporando nuevos conocimientos y tecnologías en la ingeniería (Ministerio de Vivienda, 2017). Las nuevas necesidades y oportunidades que surgen significan un reto importante para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, que no suelen contar con las capacidades internas necesarias para afrontar los retos planteados por el cambio en la regulación. Este proyecto propone una herramienta para la alineación estratégica de las soluciones digitales, desde una perspectiva de transformación digital, para que las empresas de acueducto de la región Sabana Centro puedan dar cumplimiento a los cambios planteados por la nueva regulación y obtener un mejor balance entre la dirección del negocio y el uso de la tecnología.

Palabras clave: Alineación estratégica; transformación digital; maestría digital; monitoreo y control; SCADA; acueducto;

ABSTRACT

The Ministry of Housing, City and Territory in Colombia, with the purpose of improving the way Water companies operate their water distribution networks, updated the Technical Regulation for the Potable Water and Basic Sanitation Sector, (Resolution 0330 of 2017). The Resolution regulates the technical requirements that must be fulfill in the stages of design, construction, commissioning, operation, maintenance and rehabilitation of the infrastructure related to the water, sewerage and cleaning public services, including guidelines to improve energy and operational efficiency, incorporating new knowledge and technologies in engineering (Ministry of Housing, 2017). As a result, new needs and opportunities emerged, representing an important challenge for the Sabana Centro region water companies, which usually do not have the internal capacities necessary to face the challenges posed by the change in regulation. This project aims to provide a tool for the strategic alignment of digital solutions, from a digital transformation perspective, so that the Sabana Centro region water companies can comply with the changes proposed by the new regulation and obtain a better balance between business direction and technology use.

Key words: strategic alignment; digital transformation; digital mastery, monitoring and control; SCADA; water distribution;

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
PROPUESTA DE MODELO PARA LA ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DE SOLUCIONES DIGITALES EN LA EMPRESA. CASO DE ESTUDIO APLICADO A UNA EMPRESA DE ACUEDUCTO.	1
PROPUESTA DE MODELO PARA LA ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DE SOLUCIONES DIGITALES EN LA EMPRESA. CASO DE ESTUDIO APLICADO A UNA EMPRESA DE ACUEDUCTO.	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN.....	4
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Pregunta de investigación.....	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general.	15
1.3.2. Objetivos específicos.	15
1.4. Justificación.....	15
1.5. Alcance y limitaciones	16
1.6. Organización del documento.....	17
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Transformación digital	19
2.2. Maestría digital.....	20
2.3. Modelos para orientar la transformación digital	21
2.3.1. Hoja de ruta para la transformación digital.....	21
2.3.2. Guía para la transformación digital.....	23
2.3.3. Brújula para la transformación digital.....	24
2.4. Red de acueducto municipal.....	26
3. METODOLOGÍA	29
3.1. Scrum	31
3.2. Técnica Promethee-Gaia para la toma de decisiones multicriterio	32
3.3. Configuración de la aplicación de monitoreo y control.	33

4.	RESULTADOS	35
4.1.	Características básicas de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.....	35
4.2.	Modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.....	38
4.2.1.	Sección 1: Iniciativa digital.....	40
4.2.2.	Sección 2: La estrategia de la organización.....	41
4.2.3.	Sección 3: Hoja de ruta para la transformación digital.....	42
4.2.4.	Roles y elementos asociados al modelo DID Canvas	42
4.2.5.	Uso del modelo	43
4.3.	Prototipo del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto.....	44
4.3.1.	Uso del modelo DID Canvas para la alineación estratégica y definición del sistema de monitoreo y control.....	44
4.3.1.1.	Sección 1 del modelo DID Canvas. Iniciativa digital.....	44
4.3.1.2.	Sección 2 del modelo DID Canvas. La estrategia de la organización.....	48
4.3.1.3.	Sección 3 del modelo DID Canvas. Hoja de ruta para la transformación digital.....	50
4.3.1.4.	Definición de la iniciativa digital.....	52
4.3.2.	Selección del software de monitoreo y control.....	54
4.3.2.1.	Alternativas de sistemas SCADA	54
4.3.2.2.	Criterios para evaluar los sistemas SCADA	55
4.3.2.3.	Ponderación de criterios.....	55
4.3.2.4.	Calificación de criterios	59
4.3.2.5.	Modelo para la selección del sistema SCADA.....	61
4.3.2.6.	Resultado del modelo de selección multicriterio	62
4.3.2.7.	Análisis de sensibilidad.....	64
4.3.3.	Construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control.....	66
4.3.3.1.	Proyecto SCRUM	66
4.3.3.2.	Resultado del proyecto Scrum	67
5.	CONCLUSIONES	71
6.	RECOMENDACIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	ANEXOS.....	77
A.	ANEXO 1. Guías y notas de las entrevistas semiestructuradas	77
B.	ANEXO 2. Guías y notas de observación directa	77
C.	ANEXO 3. Tableros DID Canvas	77
D.	ANEXO 4. Guías de orientación para el desarrollo del modelo DID Canvas.....	77
E.	ANEXO 5. Secuencia de desarrollo del modelo DID Canvas	77
F.	ANEXO 6. Matriz de comparación de criterios y cálculo de la matriz de ponderación	77
G.	ANEXO 7. Archivo de configuración del modelo Promethee-Gaia en formato vpg.....	77
H.	ANEXO 8. Configuración del modelo y resultados.....	77
I.	ANEXO 9. Técnica de modelización visual Gaia	78
J.	ANEXO 10. Historias de usuario del proyecto Scrum.....	78
K.	ANEXO 11. Cuadro de control del proyecto Scrum y pila del producto.....	78
L.	ANEXO 12. Resumen del proyecto scrum.....	78

M.	ANEXO 13. Vistas del sistema SCADA.....	78
N.	ANEXO 14. Video del prototipo del sistema de monitoreo y control	78

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Problemas identificados en la empresa de acueducto	14
Tabla 2. Artículos de la resolución 330 de 2017, RAS, y necesidades identificadas.	45
Tabla 3. Necesidades de la empresa de acueducto	46
Tabla 4. Necesidades desde el punto de vista de Aqualink.....	46
Tabla 5. Escala para la comparación de criterios del modelo de selección SCADA	56
Tabla 6. Matriz de comparación por parejas de criterios para la selección del sistema SCADA. .	57
Tabla 7. Matriz de ponderación de criterios para la selección del sistema SCADA.....	58
Tabla 8. Resultado de la ponderación de criterios.	59
Tabla 9. Escalas usadas para los criterios	60
Tabla 10. Calificación o puntaje asignado a las alternativas por cada criterio.	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estaciones de la red de acueducto que deben ser monitoreadas	13
Figura 2. Estructura del documento	18
Figura 3. Hoja de ruta para la transformación digital	22
Figura 4. Brújula para la transformación digital	25
Figura 5. Estación de captación o recibo de agua	27
Figura 6. Estación de macro medición	27
Figura 7. Macro medidor Ultraflux Uf811	28
Figura 8. Enfoque metodológico y relación con los objetivos del proyecto	30
Figura 9. Flujo de trabajo para la creación de proyectos en la aplicación IGSS.....	34
Figura 10. Características y elementos de interés de los modelos para la transformación digital .	37
Figura 11. Relación de los elementos presentados en el marco teórico	38
Figura 12. Modelo para el desarrollo de iniciativas digitales	39
Figura 13. Uso del modelo DID Canvas	43
Figura 14. Proceso para la construcción del prototipo	44
Figura 15. Imagen del taller DID Canvas	48
Figura 16. Tablero DID Canvas final.....	52
Figura 17. Selección del sistema de monitoreo y control	54
Figura 18. Modelo Promethee-Gaia para la selección del sistema SCADA.....	62
Figura 19. Calificación de alternativas por el modelo Promethee-Gaia	63
Figura 20. Resultado gráfico del modelo Promethee-Gaia	64
Figura 21. Ejemplo de análisis de escenarios en el programa Visual Promethee	65
Figura 22. Construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control	66
Figura 23. Vista general del sistema de monitoreo y control.....	69
Figura 24. Vista Estación de recibo	69

1. INTRODUCCIÓN

A través de la Resolución 0330 de 2017, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, actualizó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), con el fin de que las empresas de acueducto mejoren la forma en que operan sus redes de acueducto. Dicha resolución establece los lineamientos técnicos que se deben cumplir en las diferentes etapas, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación, relacionadas con la infraestructura que presta los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, e introduce nuevo lineamientos para mejorar la eficiencia energética y operativa (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Las empresas de acueducto que han operado sus redes en un entorno libre de competencia, pueden quedar rezagadas en la adopción de conocimientos y nuevas tecnologías que faciliten la ejecución de sus procesos (Domínguez Torres & Uribe Botero, 2005). Ahora, con el cambio en la regulación y las nuevas exigencias derivadas de la pandemia, las empresas se han visto forzadas a implementar soluciones tecnológicas de forma acelerada, que en algunos casos pueden resultar insuficientes, presentando problemas de concepción, dirección e implementación (Andriole, Cox, & Khin, 2018).

La situación que enfrentan las empresas de acueducto se convierte en una oportunidad interesante, para emprender proyectos tecnológicos, desde una perspectiva de transformación digital, que considere la estrategia, la cultura organizativa y el rediseño de procesos.

En este proyecto se trabaja como caso de estudio, la necesidad que tiene una empresa de acueducto de la región Sabana Centro, para dar cumplimiento al artículo 31 de la Resolución 330 de 2017, que establece la necesidad de implementar sistemas de instrumentación, monitoreo y control, que permitan un adecuado y permanente control de la calidad del servicio de los sistemas de acueducto, alcantarillado y/o aseo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Las nuevas necesidades y oportunidades que surgen significan un reto importante para estas empresas, que no suelen contar con las capacidades internas necesarias para afrontar los retos planteados por la nueva regulación. Este proyecto busca proveer un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales, que, al ser aplicado en la empresa de acueducto, permita definir una solución digital, para cumplimiento a los cambios planteados por la nueva regulación y se encuentre en línea con la estrategia de la empresa.

1.1. Planteamiento del problema

El agua es un recurso natural vital e importante para el desarrollo de la vida, es parte constituyente de todos los organismos vivos y se utiliza para la producción de alimentos, energía, desarrollo socioeconómico y conservación de los ecosistemas, entre otros. El suministro de este recurso constituye un escalón significativo en el desarrollo de las regiones o países y de las personas que residen en ellos. Un procedimiento de suministro de agua potable, bien diseñado, conlleva efectos positivos en la calidad de vida de quienes tienen acceso a este servicio.

Los servicios de acueducto y alcantarillado son actividades en las cuales generalmente no hay competencia pues resultaría demasiado costoso e inoficioso instalar dos o más redes en las calles de la ciudad. La situación de monopolio que se configura es controlada por la regulación del gobierno sobre tarifas, calidad del servicio, inversiones, externalidades y barreras de entrada. Las grandes inversiones que se requieren en infraestructura de abastecimiento, tratamiento y redes de distribución, conducen a que los contratos de operación se establezcan para periodos de largo plazo (Gómez Figueredo & Silva Ruiz, 2008);(Domínguez Torres & Uribe Botero, 2005).

En este sentido, la Ley 142 de 1994, establece dentro de las funciones de los Ministerios, señalar los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilicen las empresas de servicios públicos del sector del agua potable y el saneamiento básico. Por lo tanto, el Ministerio de Desarrollo Económico expide, mediante el decreto 475 de 1998, el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.

Con el interés de mejorar la forma en que las empresas de acueducto operan sus redes de acueducto, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, actualizó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, mediante la Resolución 0330 de 2017. Esta Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, y su actualización incluye lineamientos para mejorar la eficiencia energética y operativa incorporando nuevos conocimientos y tecnologías en la ingeniería. De manera específica el artículo 31 de la resolución, establece la necesidad de implementar sistemas de instrumentación, monitoreo y control, que permitan un adecuado y permanente control de la calidad del servicio de los sistemas de acueducto, alcantarillado y/o aseo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Con el fin de proveer una solución de monitoreo y control a las empresas de acueducto, se realizó un acercamiento preliminar a una empresa de acueducto de la región Sabana Centro donde se identificó la necesidad de establecer un sistema de monitoreo y control de los macro medidores instalados en el punto de recibo o captación de agua, conjuntos residenciales y grandes consumidores. En la figura 1 se observa a modo de ejemplo, un diagrama de la red de acueducto que muestra la estación de recibo y las estaciones de macro medición donde se requiere la instalación del sistema de monitoreo y control (estaciones resaltadas en color amarillo). La empresa de acueducto donde se realizó el trabajo preliminar no tiene un sistema de monitoreo y control para ninguna de sus estaciones.

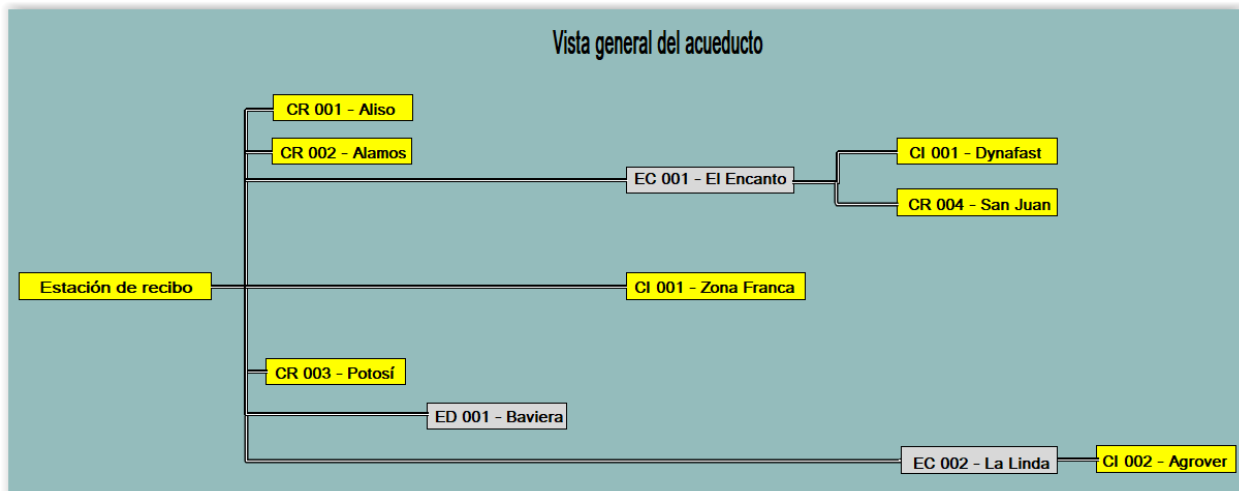


Figura 1. Estaciones de la red de acueducto que deben ser monitoreadas

Fuente. Elaboración propia

Durante el trabajo realizado en la empresa de acueducto se pudo observar la dificultad que tenía la empresa para definir y evaluar el proyecto para implementar el sistema de monitoreo y control de la red de acueducto. Los principales problemas que se identificaron se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Problemas identificados en la empresa de acueducto

Aspecto	Problema
Estratégico	La empresa de acueducto no cuenta con una estrategia de tecnología unificada
	El área de operación y mantenimiento de la empresa de acueducto no cuenta con una estrategia de tecnología definida
Capacidades digitales	Dificultad para interpretar los nuevos requerimientos tecnológicos de la regulación
	La empresa de acueducto no cuenta con las capacidades internas para evaluar, definir y desarrollar un sistema de monitoreo y control de la red de acueducto.
	Dificultad para identificar oportunidades de integración del sistema de monitoreo y control, con otros procesos de la empresa
Tecnológico	Dificultad para definir las especificaciones técnicas del sistema de monitoreo y control
	Dificultad para evaluar las propuestas de solución que recibe de sus proveedores tradicionales

Fuente. Elaboración propia.

La empresa de acueducto recibió diferentes propuestas de solución tecnológica pero no pudo definir la solución más conveniente y decidió suspender su proyecto de implementación del sistema de monitoreo y control para iniciar un proceso de mejora de su estrategia tecnológica y capacidades digitales. El uso de un modelo para la orientación estratégica de la solución tecnológica le habría permitido a la empresa de acueducto aumentar las probabilidades de éxito del proyecto.

1.2. Pregunta de investigación

De acuerdo con lo planteado anteriormente se concibe el proyecto “Propuesta de modelo para la alineación estratégica de soluciones digitales en la empresa. Caso de estudio aplicado a una empresa de acueducto.”, con el fin de definir una solución digital que permita dar cumplimiento a la necesidad de implementar sistemas de instrumentación, monitoreo y control de la red de acueducto, planteada en el nuevo Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS. Este proyecto busca dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuál debería ser el modelo para la alineación estratégica de soluciones digitales en la empresa?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Proponer un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa

1.3.2. Objetivos específicos.

- Identificar las características básicas de un modelo para alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.
- Formular un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.
- Aplicar el modelo formulado de alineación estratégica para la implementación de una solución de monitoreo y control en una empresa de acueducto.

1.4. Justificación

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, actualizó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, mediante la Resolución 0330 de 2017, con el fin de mejorar la forma en que las empresas de acueducto operan sus redes de acueducto. La nueva regulación indica la necesidad de implementar sistemas de monitoreo y control de la red de acueducto.

Las empresas de acueducto de la región Sabana Centro que han realizado la operación de su red de acueducto sin necesidad de un sistema de monitoreo y control, conocen el cambio en la regulación y saben que se debe emprender un proyecto para implementarlo; sin embargo, debido a la falta de experiencia con este tipo de sistemas, no tienen la claridad acerca de cuáles pueden ser los beneficios reales para la empresa y tampoco tienen la claridad acerca de cuál es la mejor tecnología o sistema a implementar. Las nuevas necesidades y oportunidades que surgen significan un reto importante para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, que no suelen contar con las capacidades internas necesarias para afrontar los retos planteados por el cambio en la regulación. El desafío que enfrentan, más allá de ser un tema tecnológico, es una cuestión de visión, estrategia, cultura organizativa y rediseño de procesos (Magro, y otros, 2014).

De acuerdo con lo expuesto y al acercamiento realizado a una empresa de acueducto de la región Sabana Centro, se considera conveniente proponer un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa. El uso del modelo permitirá definir una solución digital, que

permita dar cumplimiento a los cambios en la regulación y se encuentre alineada con la estrategia de empresa.

1.5. Alcance y limitaciones

Mediante el uso del modelo propuesto, se definirá y construirá el prototipo de un sistema de monitoreo y control de la red de acueducto municipal. La definición y el desarrollo de la solución serán realizados por Aqualink, idea de emprendimiento que surge para desarrollar y ofrecer una solución de monitoreo y control de la red de acueducto. Para el desarrollo de este proyecto se define como grupo objetivo inicial las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, compuesta por los municipios de Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá, con poblaciones que se encuentran entre 13.171 y 132.181 habitantes de acuerdo con el censo 2018 (DANE, 2018). Para la definición del sistema de monitoreo y control se tomó información actual y real de una empresa de acueducto de la región Sabana Centro, y este se podrá adecuar para cumplir los requerimientos específicos de diferentes empresas de acueducto, sin importar su tamaño ni ubicación geográfica.

Aqualink como idea de emprendimiento, es producto de los conocimientos y experiencia adquiridos por el autor de este proyecto, durante su estudio en el programa de Maestría en Gerencia de Ingeniería de la Universidad de la Sabana, y actividades complementarias ofrecidas por la oficina de internacionalización de la universidad, como el programa de aceleración en emprendimiento e innovación, el curso *Adventurous Thinking: Five lenses to see new creative possibilities*, (pensamiento aventurero: Cinco lentes para ver nuevas posibilidades creativas), realizado en la Universidad de Stanford en Silicon Valley, California, y en los talleres de pre aceleración organizados por el programa Google Launchpad en San Francisco, California.

El curso de Mejoramiento empresarial de la Maestría, permitió orientar la visión del problema para definir la implementación de cambios de manera efectiva en las empresas, respondiendo adecuadamente a las expectativas del mercado cada día más variable, y buscando soluciones integrales que permitan un adecuado manejo de la incertidumbre para prevenir los posibles cambios en las fuerzas que rigen el comportamiento de los negocios. El curso *Diseño de productos y servicios*, el taller de *Innovación centrada en el ser humano*, el taller de *Design thinking* y el curso *Adventurous thinking*, permitieron generar ideas creativas para solucionar el problema. El curso de gerencia de ingeniería y el curso de metodologías ágiles ayudaron a desarrollar una solución

viable en corto tiempo. Por último, el programa Google Launchpad permitió ver en acción el trabajo y los resultados de diferentes emprendimientos en los cuales resaltan las ideas creativas.

1.6. Organización del documento

En el primer capítulo se presentan los elementos que motivan este proyecto, el cambio en la regulación que rige a las empresas de acueducto, y como este es fuente de nuevas necesidades y oportunidades. Se observan los problemas que enfrentan las empresas de acueducto para resolver las nuevas necesidades y a partir de allí se identifican el problema y los objetivos que guían este proyecto; ¿Cuál debería ser el modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales la empresa?

El segundo capítulo presenta elementos de interés para el desarrollo del proyecto. ¿Qué es transformación digital y como se relaciona con el concepto de Maestría digital? ¿Cómo pueden orientarse los procesos de transformación digital?

El tercer capítulo presenta la metodología de investigación que se usa para desarrollar este trabajo e introduce las herramientas que se emplean en la siguiente sección; Scrum para el desarrollo del proyecto, Promethee-Gaia para la toma de decisiones multicriterio, y el proceso para el desarrollo de sistemas de monitoreo y control empleado.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados. Se establece la relación entre los elementos teóricos, las necesidades planteadas por el cambio en la regulación y el conocimiento y experiencia del autor, para proponer un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa. Este modelo se aplica para definir una solución digital para la empresa de acueducto y crear un prototipo del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto. Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con el trabajo realizado. En la figura 2 se muestra la estructura del documento.

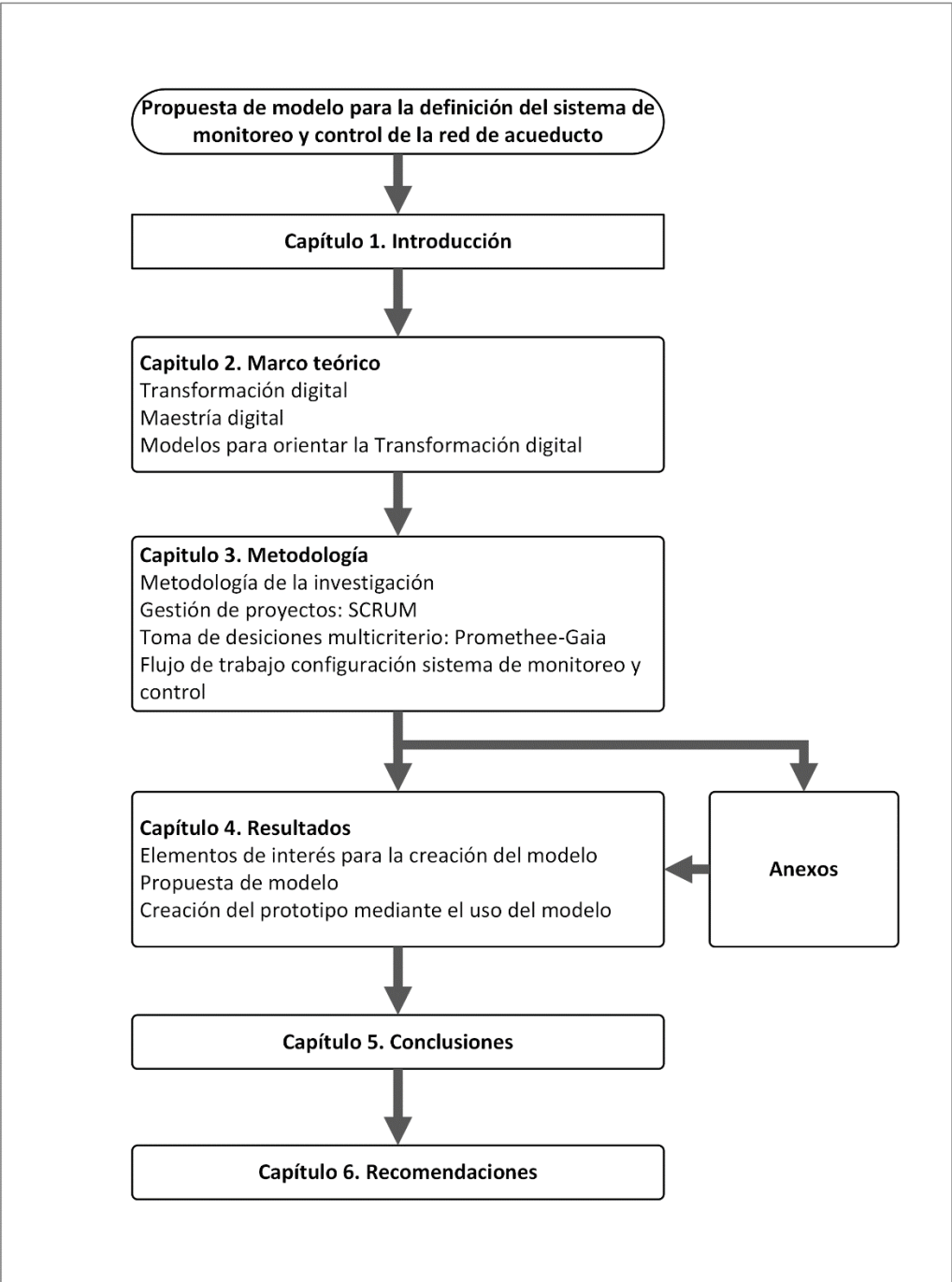


Figura 2. Estructura del documento

Fuente: Elaboración propia

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Transformación digital

La transformación digital es un tema de actualidad mundial que ha cobrado un importante interés durante la última década (Morakanyane & Grace, 2017); (Reis, Melao, & Matos, 2018) y (Bockshecker & Hackstein, 2018). Organizaciones de todos los sectores se interesan en los cambios que las nuevas tecnologías causan en la relación con los clientes, los procesos internos y la creación de valor.

Algunas de las principales definiciones que se han atribuido al concepto son: “es un proceso evolutivo que entrega capacidades y tecnologías digitales para habilitar modelos de negocio, procesos operacionales y experiencia del cliente con vistas a crear valor” (Morakanyane & Grace, 2017), así como “el uso de nuevas tecnologías que habilitan mejoras radicales en las organizaciones e influyen todos los aspectos de la vida del cliente” (Reis, Melao, & Matos, 2018). Del mismo modo, se ha definido como el “proceso de cambio de una organización o la sociedad habilitado por innovaciones y desarrollos de las tecnologías de información y comunicaciones” (Bockshecker & Hackstein, 2018) y como “el desarrollo de una plataforma unificada, que consta de sistemas y procesos que explotan las tecnologías digitales de una manera que cambia fundamentalmente la forma en que la organización recopila y utiliza los datos para influir positivamente en las interacciones con los clientes” (Stone, 2019).

Para efectos de este proyecto se describe la transformación digital de la siguiente forma:

La transformación digital es el proceso a través del cual las organizaciones hacen converger múltiples nuevas tecnologías con la intención de alcanzar desempeños superiores y una ventaja competitiva sostenida, mediante la transformación de múltiples dimensiones del negocio, incluyendo el modelo de negocio, la experiencia del cliente y las operaciones (Ismail, 2017).

En otras palabras, se define la transformación digital como un cambio organizacional impulsado por tecnologías digitales. La transformación digital no se trata de un proyecto de tecnología para implementar una capacidad o incluso un conjunto de capacidades. No se trata de una colección o un conjunto de "productos" para ofrecer resultados específicos. Se trata de transformar el negocio para poder reaccionar rápidamente a los cambios y aprovechar las oportunidades emergentes (Stone, 2019). La transformación digital no es un tema tecnológico sino una cuestión de visión,

estrategia, cultura organizativa y rediseño de procesos (Magro, y otros, 2014). Aunque puede requerir la actualización de la arquitectura de TI, la actualización más importante es la del pensamiento estratégico (Rogers, 2016).

2.2. Maestría digital

La maestría digital hace referencia a la manera en que las organizaciones adquieren una ventaja competitiva mediante el uso de tecnologías digitales para transformar la forma en que se comunican con sus clientes, adquieren nuevos clientes, ejecutan sus operaciones o la forma en que hacen negocios. La efectividad de la maestría digital se puede medir en términos de reducción de costos y eficiencia operativa (Jan, Messou, Lin, Huang, & Wang, 2019), reducir los costos mediante la digitalización de los procesos de desarrollo, prueba y producción de nuevos productos es de suma importancia. La explotación del poder de la tecnología digital en los procesos operativos conduce a una mejor productividad, una mayor eficiencia y experiencia del cliente (Sow & Aborbie, 2018).

Para alcanzar el grado de maestría digital, las organizaciones deben desarrollar sus capacidades digitales y de liderazgo. Las capacidades digitales se definen como la capacidad para hacer las inversiones apropiadas de tecnología en el momento y lugar adecuados. Las capacidades digitales son una combinación de conocimiento acerca de cuáles tecnologías digitales están disponibles y como estas pueden apoyar los objetivos del negocio. La capacidad de liderazgo hace referencia a la habilidad de la organización para transformarse a través de las nuevas capacidades digitales, la capacidad de crecer y aprender a partir del cambio tecnológico. (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014); (Andriole, Cox, & Khin, 2018).

El factor crítico que refleja la capacidad de liderazgo es la visión digital. Algunos líderes combinan ideas en torno a la experiencia del cliente y los procesos operativos, mientras que otros se ven obligados a revisar sus modelos de negocio debido a las amenazas que perjudican sus posibilidades de supervivencia a largo plazo (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014). Los líderes necesitan desarrollar relaciones, habilidades técnicas y de liderazgo, y la capacidad de involucrar una inversión suficiente en nuevas oportunidades para desarrollar una cultura digital que pueda prever cambios adicionales y ser implementada de forma continua.

La vigilancia tecnológica es otro factor importante para alcanzar el grado de maestría digital. Las organizaciones deben establecer procesos organizados, selectivos y continuos para capturar

información externa y externa acerca de ciencia y tecnología para convertirla en conocimiento, para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (González Alcalá & Gómez Quintero, 2017)

2.3. Modelos para orientar la transformación digital

Uno de los intereses principales de las organizaciones que desean emprender un proceso de transformación digital, está relacionado con la definición de una visión y una hoja de ruta que determinen el camino a seguir. A continuación, se presentan tres modelos para orientar la transformación digital.

2.3.1. Hoja de ruta para la transformación digital

El mapa de ruta para la transformación digital (Andriole, Cox, & Khin, 2018), tiene su origen en una investigación realizada en la Universidad de Villanova, Pennsylvania, con el propósito de entender cómo las empresas identifican, ponen a prueba y despliegan tecnologías digitales emergentes o disruptivas específicas. Los autores afirman que las empresas deben adoptar tecnologías emergentes lo más rápido posible, abandonando la obsesión por los requisitos y, por el contrario, explorando las nuevas tecnologías mediante prototipos y experimentos, para descubrir los beneficios y oportunidades para la organización.

Los autores presentan la tecnología como el factor que impulsa la estrategia de las empresas, a través del liderazgo y las inversiones en tecnología, y proponen una hoja de ruta de cinco pasos que permite orientar el proyecto de transformación digital, el cual será ajustado por cada organización de acuerdo con su presupuesto, objetivos, cultura organizacional e incluso su posición en el mercado (Andriole, Cox, & Khin, 2018). Ver figura 3.

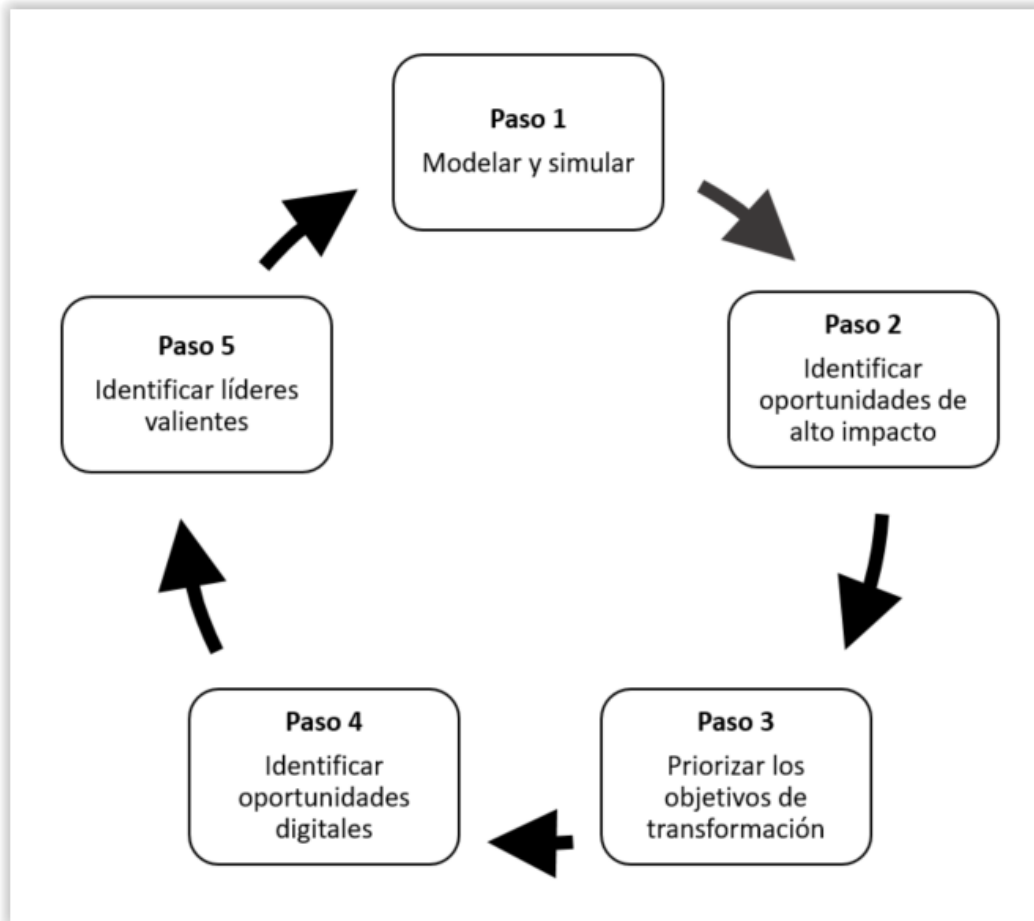


Figura 3. Hoja de ruta para la transformación digital

Fuente: (Andriole, Cox, & Khin, 2018)

- Paso 1: Modelar y simular. Para iniciar el proceso de transformación es necesario conocer los procesos, reglas de negocio y modelos que la organización desea transformar. A partir de este conocimiento se deben crear modelos que permitan simular los cambios para predecir el impacto de la transformación.
- Paso 2: Identificar oportunidades de alto impacto. Las organizaciones deben identificar las oportunidades de mejora digital de mayor impacto. Se deben evaluar los costos y beneficios de los procesos existentes y mediante el uso de simulaciones “¿Qué pasa sí?”, evaluar los costos y beneficios de las nuevas alternativas
- Paso 3: Priorizar los objetivos de transformación. La lista de oportunidades de mejora digital que resulta de los pasos anteriores debe calificarse para asignar la prioridad y el orden de ejecución.

- Paso 4: Identificar las oportunidades digitales. Se deben identificar las nuevas tecnologías digitales, operacionales y estratégicas, que estén relacionadas con el proceso de transformación, para evaluar sus capacidades presentes y futuras frente a los objetivos de transformación.
- Paso 5: Encontrar líderes valientes. El proceso de transformación requiere visión y liderazgo. La búsqueda de líderes puede darse al comienzo, durante o al final del proceso de planeación.

2.3.2. *Guía para la transformación digital*

La revolución digital está iniciando y el futuro digital impactará de diferentes formas a las empresas de cada industria. Tradicionalmente los líderes de tecnología al interior de las organizaciones se han enfocado en la automatización y mejora de los procesos del negocio. Ahora, el liderazgo digital requiere la habilidad de imaginarse nuevas formas de crear valor para reinventar el negocio. Las organizaciones deben comprender los nuevos fundamentos estratégicos de la era digital para identificar las oportunidades y crear nuevos productos, servicios y modelos de negocio, que permitan mejorar la propuesta de valor a los clientes.

La guía para la transformación digital tiene su origen en el estudio que hace David Rogers, para identificar los factores que diferencian a las organizaciones que logran adaptarse y prosperar en un mundo digital, de las que fallan en hacerlo. La guía propone orientar la transformación digital desde la perspectiva estratégica de la organización, resaltando la importancia de cinco elementos estratégicos clave (Rogers, 2016):

- La relación con los clientes. El autor determina que es fundamental comprender la forma en que los clientes se han convertido en nodos de redes dinámicas que utilizan las tecnologías digitales para comunicarse, descubrir, evaluar, comprar y usar los productos, y como estas interacciones entre clientes y empresas tienen la capacidad de moldear marcas y mercados.
- Las relaciones con la competencia. El mundo digital ha cambiado las fronteras entre las industrias y la competencia puede provenir no solo de compañías similares sino de otras muy diferentes que ofrecen propuestas interesantes a nuestros clientes. Es importante identificar las nuevas relaciones con la competencia y evaluar alternativas de cooperación para enfrentar desafíos en común o debido a modelos de negocio interdependientes. También se debe considerar el poder de los modelos de negocios basados en plataformas que facilitan las interacciones entre negocios y clientes.

- El poder de los datos. Es importante identificar el poder que tienen las nuevas herramientas de análisis de datos para extraer información a partir de los datos que se generan al interior y al exterior de las organizaciones. Los datos deben ser considerados como un activo estratégico que se debe desarrollar y aprovechar para descubrir nuevos patrones y tendencias que permitan crear nuevas propuestas de valor.
- Innovación. Las nuevas tecnologías han facilitado la forma en la que las organizaciones diseñan, crean, prueban y llevan al mercado nuevas ideas. El nuevo enfoque de innovación se basa en el aprendizaje continuo mediante experimentación rápida y prototipos mínimos viables que maximicen el aprendizaje y minimicen los costos.
- Propuesta de valor. En la era digital, la propuesta de valor debe evolucionar de manera continua para ajustarse a las necesidades cambiantes de los clientes. Se debe evaluar la forma en que cada nueva tecnología puede transformar la propuesta de valor.

2.3.3. *Brújula para la transformación digital.*

La brújula para la transformación digital (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014) es una guía para orientar el proceso de transformación digital y tiene su origen en un estudio realizado en más de cuatrocientas empresas de distintos sectores, a nivel mundial, que han conseguido una transformación digital exitosa. Los autores presentan la tecnología digital como factor que impulsa el crecimiento y aprendizaje de la organización, resaltando la importancia de mejorar las capacidades digitales y de liderazgo de la organización para alcanzar el grado de maestría digital.

La brújula para la transformación digital incluye los siguientes pasos:

Fase 1: Estructurar el desafío digital. Crear una visión de transformación para motivar e impulsar a toda la organización en la dirección adecuada es probablemente el paso más importante de todo el proceso de transformación. Es necesario presentar a la organización las oportunidades y riesgos que se presentan, así como una visión clara del objetivo que se persigue. También es importante conocer el estado actual de las capacidades digitales y de liderazgo de la organización para fortalecerlas durante el proceso de transformación. La visión debe motivar al equipo de trabajo y evolucionar en el tiempo.

Fase 2: Focalizar la inversión. En esta fase se hace la planeación del cambio para convertir la visión en realidad. Se crea una hoja de ruta que indica los pasos necesarios para llevar la organización al

estado deseado. La hoja de ruta debe ser lo suficientemente específica como para permitir identificar la inversión inicial y a partir de allí debe ser flexible para dar lugar a la innovación y nuevas ideas que surjan durante el proceso de transformación. Es necesario asignar los recursos y definir la estructura de gobernanza para el proceso y sus resultados.

Fase 3: Impulsar la transformación. Esta es la fase de implementación. Es importante comunicar los beneficios de la transformación e impulsarla en todos los niveles de la organización. Se deben establecer las nuevas prácticas y promover una comunicación fluida en todos los niveles.

Fase 4: Sostener la transformación. En esta fase la se afianza la transformación en la organización. Es necesario fortalecer las capacidades que soportan la transformación y crear estructuras que la promuevan, también es necesario crear indicadores para medir los resultados y fomentar una cultura de innovación.

En la figura 4 se muestra la brújula para la transformación digital.

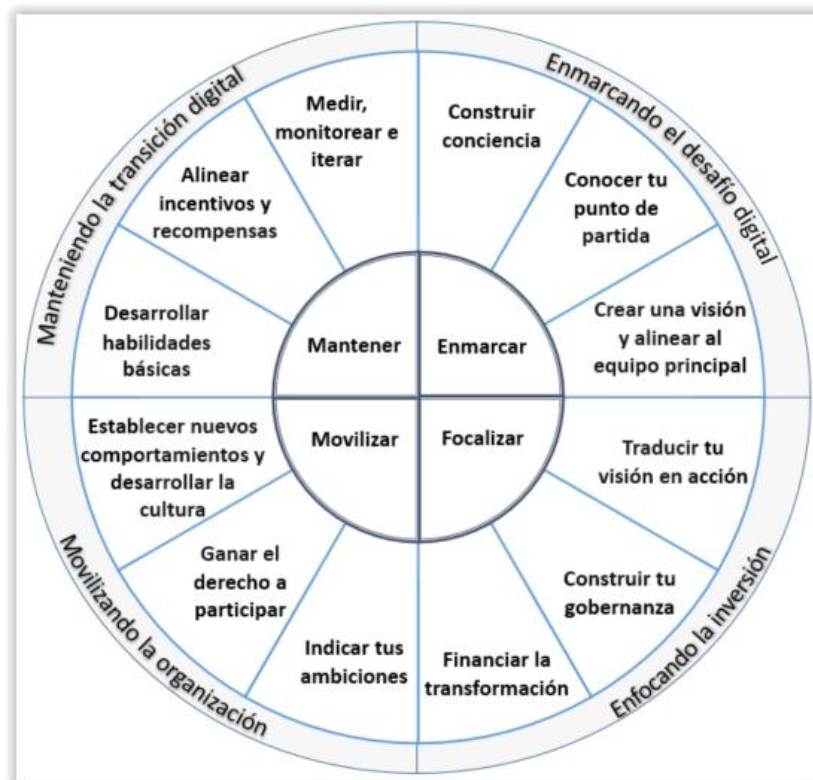


Figura 4. Brújula para la transformación digital

Fuente: (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014)

2.4. Red de acueducto municipal.

La red de acueducto municipal tiene la función de conducir el agua, a través de tuberías, desde el punto de recibo o captación hasta los usuarios del sistema. En la red de acueducto se pueden distinguir diferentes elementos y tipos de estaciones:

- Estación de captación o recibo de agua. Es la estación donde se realiza la toma de agua que alimentará la red de acueducto.
- Estaciones de bombeo. Se componen de bombas para distribuir el agua de un punto a otro, cuando las condiciones topográficas no permiten la distribución mediante el uso de la gravedad.
- Plantas de tratamiento de agua potable: Estación donde se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.
- Válvulas de bloqueo o seccionadoras. Permiten la división de una red de acueducto en partes más pequeñas, con el fin de facilitar trabajos de mantenimiento y reparación sin afectar la totalidad de la red de acueducto.
- Válvulas de regulación de presión. Permiten disminuir la presión de la red de acueducto para evitar el uso de tuberías de alta presión.
- Red de tuberías. Es la red que conduce el agua desde las estaciones a los usuarios finales
- Usuarios finales. Son las viviendas e industrias donde se realiza el consumo de agua.
- Micro medidores. Son aparatos que miden el caudal de agua de los usuarios finales.
- Macro medidores. Son aparatos que miden el caudal de agua de la ciudad o un sector de ella.
- Medidores de presión. Son aparatos que miden la presión de agua en las estaciones y red de acueducto.

El sistema de monitoreo y control de la red de acueducto permite realizar la lectura remota de los medidores y sensores de la red de acueducto y presentar la información en una terminal de operación que puede ser un computador o un dispositivo móvil como un teléfono o una tableta. El operador del sistema de monitoreo y control monitoreará la operación del sistema y tomará las acciones correctivas cuando sea necesario. En la figura 5, se observa la estación de recibo y en la figura 6 se observa una estación de macro medición.

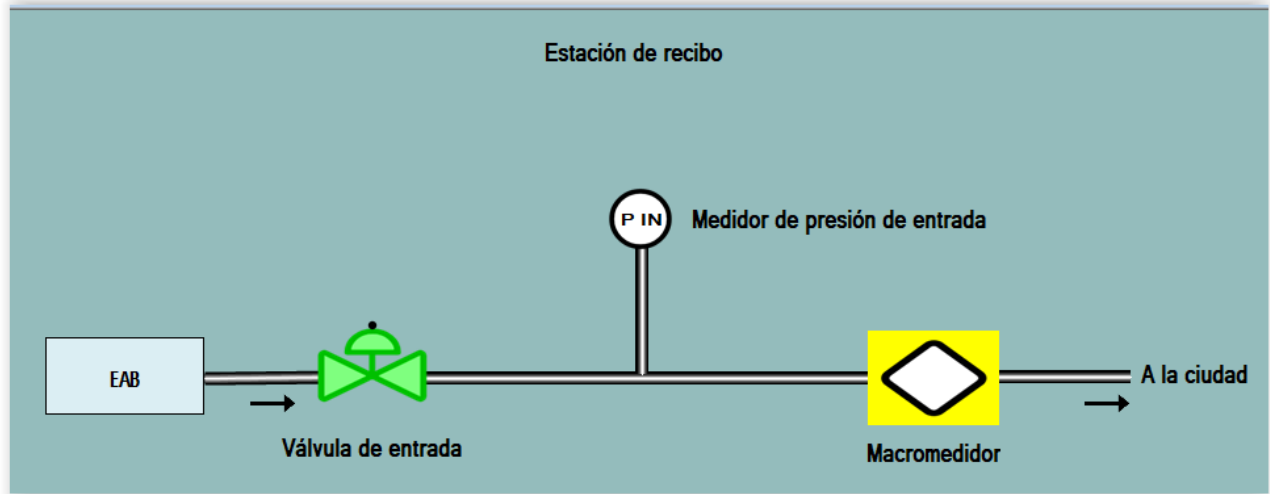


Figura 5. Estación de captación o recibo de agua

Fuente. Elaboración propia

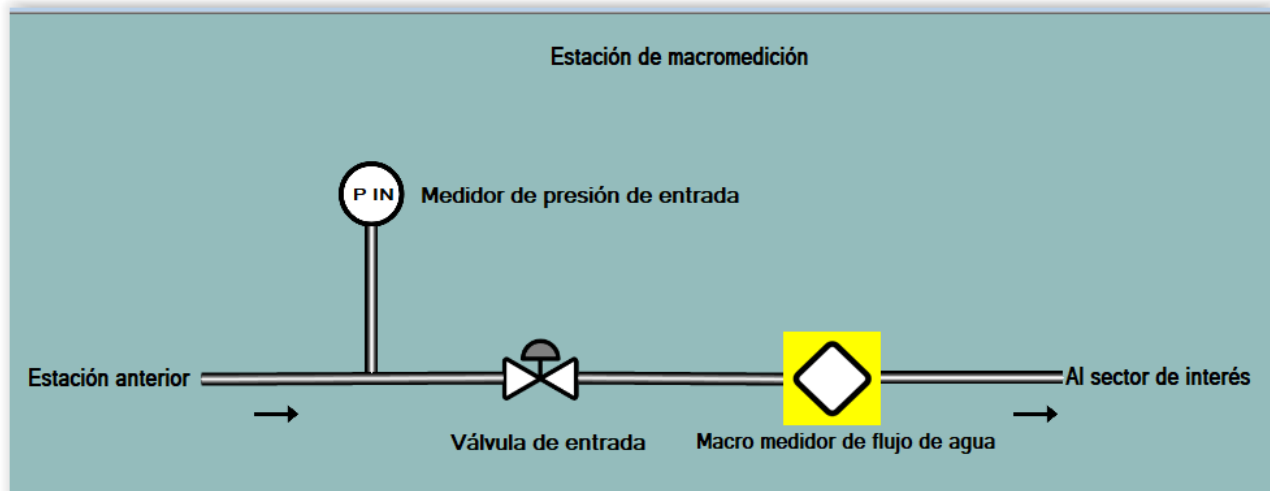


Figura 6. Estación de macro medición

Fuente. Elaboración propia

La comunicación entre la terminal de operación y los sensores se realiza a través de un sistema de telecomunicaciones inalámbricas de datos. Para el caso de estudio de una empresa de acueducto de la región Sabana Centro, se realiza la lectura de macro medidores Ultraflux UF811. Ver figura 7.



Figura 7. Macro medidor Ultraflux Uf811

Fuente: (Ultraflux, s.f.)

Este equipo cuenta con un puerto de comunicaciones RS-232 y RS-485, que es el protocolo o norma de conexión física de datos binarios del equipo con un equipo de comunicaciones.

Adicionalmente cuenta con protocolo modbus, que es el protocolo de comunicaciones de aplicación que permite la comunicación entre dispositivos conectados entre sí.

El sistema de monitoreo y control permite establecer comunicaciones mediante drivers OPC, que son aplicaciones de software que permiten la comunicación entre dispositivos a través de una arquitectura cliente servidor.

3. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación empleada en este proyecto es de intervención, cuya finalidad es resolver problemas existentes y mejorar prácticas concretas. Esta metodología consta de tres fases o acciones secuenciales que se deben realizar para alcanzar los resultados esperados del proyecto (Pacheco Espejel & Cruz Estrada, 2006).

La primera fase consiste en un análisis triple que incluye la revisión del contexto en el que se mueve el objeto de estudio, un análisis crítico del objeto de estudio y un análisis de tipo bibliográfico, de esta forma se identifica el problema y los elementos necesarios para solucionarlo. En este proyecto el objeto de estudio es la empresa de acueducto donde se hizo el acercamiento preliminar. La empresa permitió hacer uso de la información obtenida, pero solicitó mantener su nombre en reserva. La segunda fase emplea el análisis triple anterior para elaborar el diseño teórico de la propuesta de solución, a la problemática detectada en la primera etapa. El tercer bloque consiste en la praxis; es decir, la actividad encaminada a aplicar y validar la propuesta de mejora. Los bloques metodológicos y su relación con los objetivos del proyecto se muestran en la figura 8.

El desarrollo del proyecto se realiza a través de cada una de las fases planteadas en la metodología de la siguiente forma:

Análisis

- Se realizaron entrevistas semiestructuradas (Ver Anexo 1) y observación directa (Ver Anexo 2, Guía de observación) en una empresa de acueducto de la región Sabana Centro para identificar el contexto y las necesidades derivadas del cambio en la regulación.
- Se realizará la búsqueda y revisión de literatura relacionada con los modelos para orientar procesos de transformación digital con el fin de identificar características y elementos de interés para formular la propuesta de solución.

Síntesis

- Se formulará en forma conceptual un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.

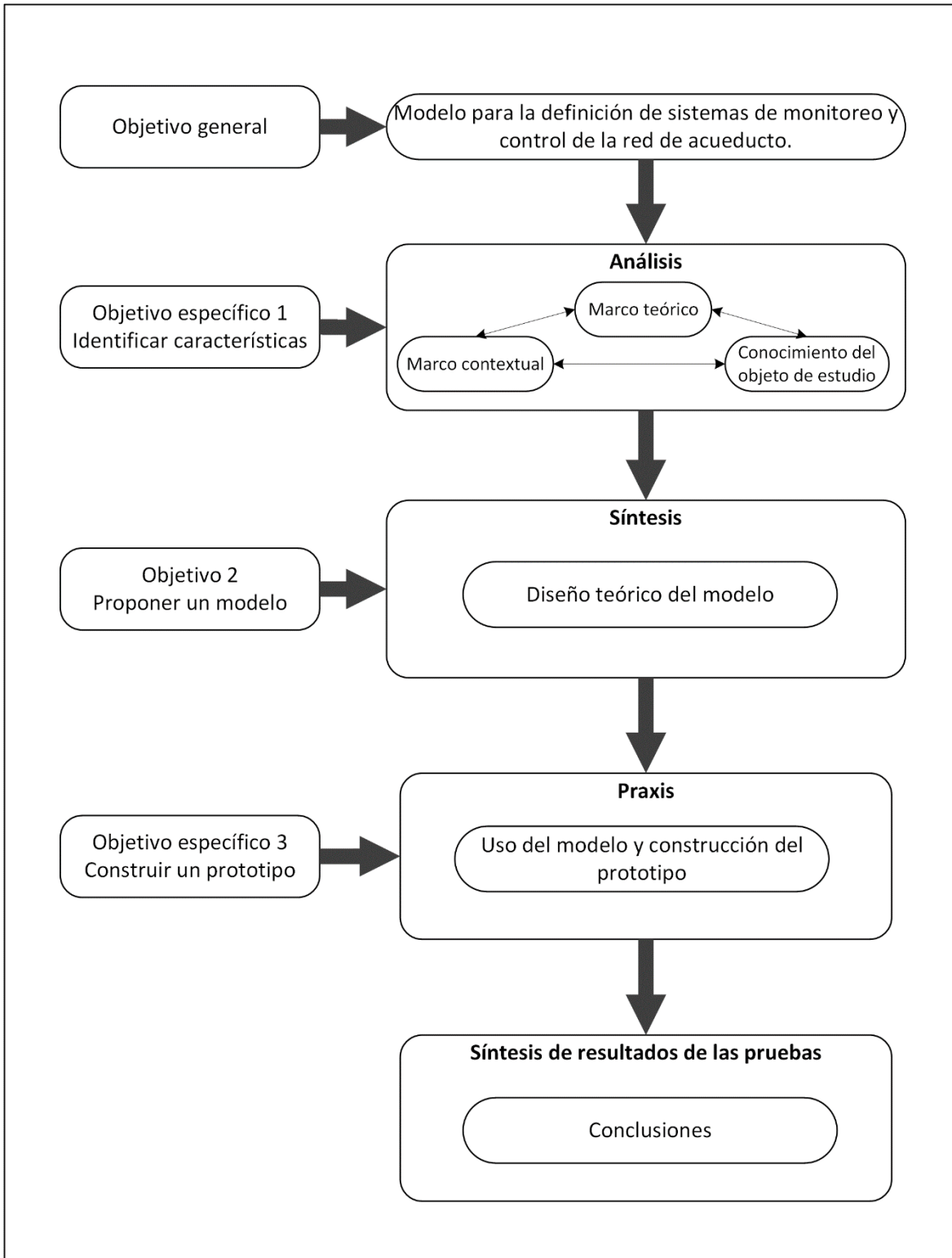


Figura 8. Enfoque metodológico y relación con los objetivos del proyecto

Fuente: (Pacheco Espejel & Cruz Estrada, 2006)

Praxis

- Se utilizará el modelo DID Canvas propuesto¹, para definir una solución digital para la empresa de acueducto.
- Se construirá el prototipo del sistema de monitoreo y control de acuerdo con la definición resultante de utilizar el modelo DID Canvas propuesto.

Para la construcción del prototipo se emplearán las siguientes herramientas:

- Promethee–Gaia, para la selección del sistema de monitoreo y control.
- SCRUM, para gestión del proyecto de elaboración del prototipo
- Guía de configuración del sistema de monitoreo y control provista por el fabricante del software de monitoreo y control.

Estas herramientas se describen a continuación:

3.1. Scrum

Scrum es un marco de trabajo para crear, desarrollar, gestionar y administrar tanto productos como proyectos complejos, es un marco que está soportado por definición de roles, eventos, y artefactos, así como algunas reglas que relacionan estos conceptos.

Esta metodología se basa en iteraciones cortas llamadas Sprint, unos intervalos prefijados durante los cuales se crea un incremento de producto "Hecho o Terminado" utilizable y/o potencialmente entregable, en los que da la oportunidad de inspeccionar y obtener retroalimentación constante por parte de los clientes y/o usuarios finales, orientándose hacia objetivos claros con una dirección marcada cuestionando constantemente si se está en la dirección correcta y corregirla de acuerdo con el cliente y/o el mercado agregando valor (Schwaber & Sutherland, 2020).

Esta metodología propone trabajar en ciclos sobre entregas parciales de un producto final más amplio, permitiendo distribuir el tiempo evitando el fracaso en la gestión de proyectos muy extensos. Con Scrum se logra desglosar estos proyectos amplios en una lista de tareas y, de esa manera, el trabajo se vuelve más ágil. Al iniciar cada ciclo se definen las tareas a realizar y al analizar se entregan resultados concretos. Además, sugiere una división de roles entre el equipo de trabajo lo que fomenta el trabajo en equipo.

Nota 1. El modelo DID Canvas se describirá con mayor profundidad posteriormente

Por lo anterior, Scrum logra un diseño acoplable a la gestión de proyectos en entornos inciertos, con la necesidad de resultados inmediatos, donde los requisitos cambian constantemente o no están completamente definidos, donde pilares como lo son: la innovación, la productividad, la flexibilidad y la competitividad, son cada vez más esenciales.

En síntesis, Scrum sugiere en sus principios básicos:

- Trabajar sobre entregas parciales de un producto final más extendido. Esta metodología de trabajo logra que el tiempo sea distribuido de manera más eficiente evitando el estancamiento en proyectos de alta complejidad.
- Desglosar proyectos complejos en una lista de actividades para de esta manera transformarlo en un trabajo con mayor agilidad. Al comenzar cada ciclo se define la cantidad de tareas que se van a realizar a lo largo del mismo las cuales a través de un análisis previo se entregan resultados concretos.
- Plantea una división entre roles en el equipo de trabajo propendiendo a un trabajo colaborativo y auto regulado dentro del mismo.
- Propone establecer ciclos de trabajo realizando revisiones de todas las tareas pendientes al comienzo de cada ciclo con el equipo y se establece en que va a trabajar cada uno a lo largo del mismo. Después del análisis del ciclo se realiza una reunión con el equipo, efectuando una evaluación del trabajo realizado y se analiza nuevamente la lista de tareas para determinar que se realizará durante el nuevo ciclo.
- Sugiere dividir el tiempo de trabajo en Sprint. Estas son etapas de trabajo donde si existe un proyecto grande, se desglosan las tareas, con ello se logra mejorar el seguimiento del trabajo teniendo en cuenta que cada miembro del equipo tiene una tarea asignada y no se quedará por fuera ninguna de ella. (Sutherland & Schwaber, 2014); (Layton & Morrow, 2018); (Cole & Scotcher, 2015).

3.2. Técnica Promethee-Gaia para la toma de decisiones multicriterio

La técnica Promethee, por su nombre en inglés *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*, es una técnica para la toma de decisiones multicriterio que ha ganado gran aprobación, especialmente debido a que son rápidamente comprensibles por el decisor y de

sencilla aplicación. Esta herramienta método junto con la técnica de representación visual GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid), se emplearon en este proyecto para la selección del software del sistema de monitoreo y control. (Brans & Mareschal, 2005); (Palomo Zurdo, Fernández Barberís, & Gutiérrez Fernández, 2012).

El procedimiento Promethee está fundamentado en comparaciones por duplas o parejas, y tiene en consideración la discrepancia del valor entre dos valoraciones de dos opciones para un criterio definido. Si la divergencia es mínima, se fijará una preferencia muy pequeña o, inclusive, se puede considerar como indiferente. En esta técnica se define, no solamente la predilección de una opción sobre otra, sino el nivel o el ímpetu con que es privilegiada la opción, lo anterior permite considerar lo que se conoce como “flujos de superación”. Dichos flujos serán positivos en el momento que incorporen la intensidad de su predilección relacionada a las $N+1$ opciones faltantes, lo anterior se define como la fortaleza de la opción. Además, se considerarán negativos en el momento que representen la intensidad con la que otras iniciativas son escogidas sobre ella, a esto se le llama “debilidad de la opción”, ofreciendo así un orden de prioridad para las diferentes opciones, según los flujos de preferencia. Para determinar la disposición de las opciones se cuenta con dos métodos, PROMETHEE I, que facilita un orden parcial y PROMETHEE II para conseguir un orden completo, las dos efectuadas con el software Visual PROMETHEE que se encuentra en el sitio www.promethee-gaia.net/software.html. El software cuenta con GAIA, que consiste en un sistema de interfaz visual adicional para este método (Luna González & Rodríguez Hurtado, 2013).

3.3. Configuración de la aplicación de monitoreo y control.

Para implementar el sistema de monitoreo y control se utiliza el software SCADA, (Supervisory control and data acquisition), Schneider IGSS. La creación del proyecto de automatización en la aplicación SCADA IGSS se hará siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El proyecto de automatización, también llamado “La configuración” es un modelo o una imagen espejo del proceso que se monitorea y controla. Normalmente el proyecto consiste en una serie de diagramas de proceso con modelos dinámicos de los componentes del proceso, (válvulas, medidores de flujo, motores, etc.). El operador del sistema SCADA monitorea y controla el proceso desde la aplicación SCADA (Schneider Electric, 2020).

Para crear los proyectos en la aplicación IGSS, el fabricante recomienda seguir el flujo de trabajo que se muestra en la figura 9:

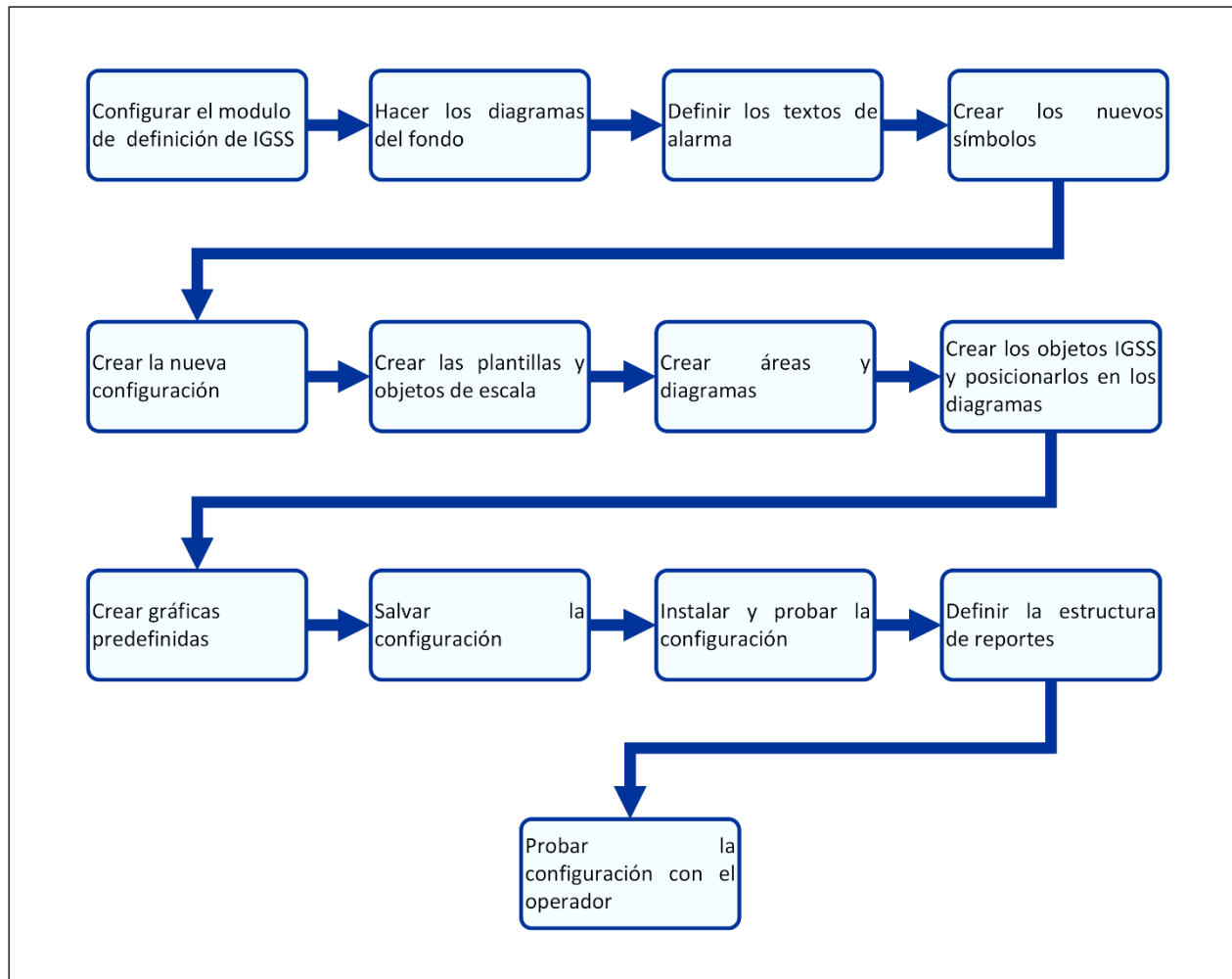


Figura 9. Flujo de trabajo para la creación de proyectos en la aplicación IGSS

Fuente: (Schneider Electric, 2020)

4. RESULTADOS

4.1. Características básicas de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.

Con el fin de identificar las características básicas de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa, se estudiaron los modelos para orientar el proceso de transformación digital presentados en el marco teórico:

- La hoja de ruta para la transformación digital (Andriole, Cox, & Khin, 2018), presenta la tecnología digital como factor que impulsa la estrategia corporativa, y resalta la importancia de lograr un entendimiento claro de las necesidades, capacidades y objetivos de la organización, para orientar y apoyar la transformación digital mediante proyectos de adopción rápida de tecnología.
- La guía para la transformación digital (Rogers, 2016), orienta la transformación digital desde la perspectiva estratégica de la organización resaltando la importancia de cinco aspectos estratégicos clave: la relación con los clientes, la competencia, el poder de los datos, la innovación y la propuesta de valor. En este caso la estrategia corporativa impulsa el cambio tecnológico.
- La brújula para la transformación digital (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014), presenta la tecnología digital como factor que impulsa el crecimiento y aprendizaje de la organización, resaltando la importancia de mejorar las capacidades digitales y de liderazgo para alcanzar el grado de maestría digital.

Como resultado del estudio de los modelos anteriores, se encuentra la importancia de examinar los aspectos estratégico y tecnológico de la organización, para orientar el proceso de transformación digital. A continuación, se presentan las características que se identificaron para la construcción de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa:

- Los modelos para la orientar la transformación digital pueden estar centrados alrededor de la estrategia de la organización como factor que impulsa el cambio tecnológico o, al contrario, centrados en el cambio tecnológico como el factor que impulsa la estrategia de la organización.

- Tener una visión de transformación digital y una hoja de ruta claras son elementos clave para guiar y motivar a la organización.
- El proceso de transformación digital debe estar orientado por los siguientes elementos estratégicos clave: clientes, competencia, datos, innovación y propuesta de valor
- Es fundamental tener un conocimiento claro de la organización, sus reglas de negocio, procesos y modelo de negocio con el fin de identificar y seleccionar oportunidades de mejora digital.
- Es importante establecer objetivos claros y asignar los recursos para alcanzarlos.
- Es necesario conocer el estado inicial de las capacidades digitales y de liderazgo de la organización para crear un plan de aprendizaje y mejora continuos. Alcanzar un grado de Maestría Digital superior debe ser un objetivo constante.
- Los procesos de adopción rápida de tecnología son un muy buen complemento de los procesos de transformación digital.
- Las empresas deben identificar las oportunidades que surgen de las nuevas tecnologías y experimentar mediante pruebas piloto y prototipos de forma ágil.
- El ritmo acelerado del avance tecnológico y las necesidades cambiantes de los clientes motivan el proceso de transformación digital. Las empresas se esfuerzan para aprovechar las nuevas tecnologías y crear nuevo valor para los clientes. Este es un proceso continuo que requiere experimentación e iteración.

Estas características y otros elementos de interés para la creación de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa, se presentan en la figura 10.

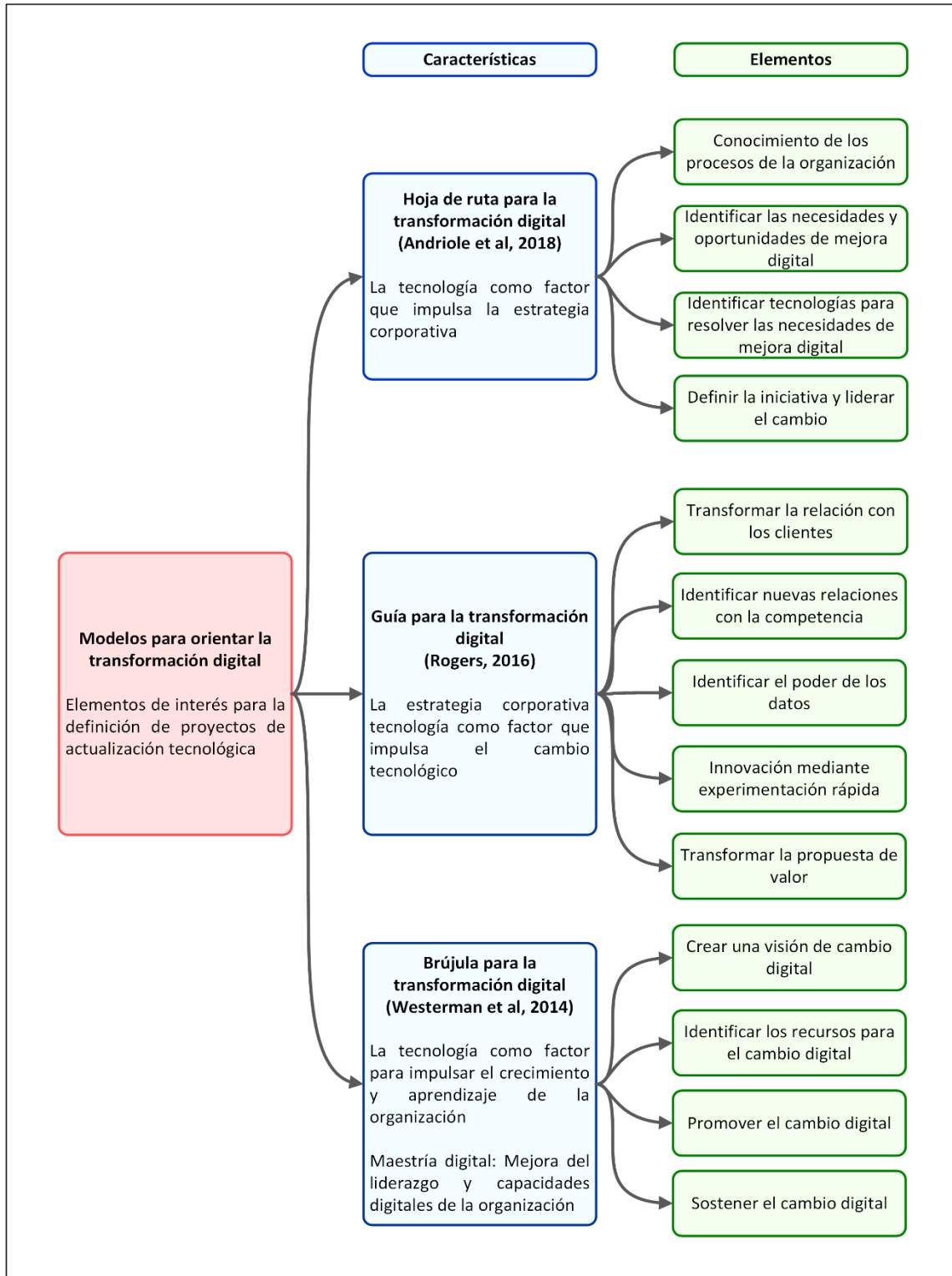


Figura 10. Características y elementos de interés de los modelos para la transformación digital
 Fuente: Elaboración propia; (Andriole, Cox, & Khin, 2018); (Rogers, 2016); (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014)

4.2. Modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.

Las características y elementos de interés para la creación de un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales, que se identificaron en la sección anterior se relacionaron con las necesidades de la empresa de acueducto y se encontró la importancia de enmarcar los proyectos digitales, dentro de una estrategia de transformación digital que esté alineada con la estrategia corporativa, cuente con una hoja de ruta definida, y se apoye en procesos de adopción rápida de tecnología. La relación entre los procesos de adopción rápida de tecnología (Andriole, Cox, & Khin, 2018), los aspectos estratégicos para la transformación digital (Rogers, 2016), y la hoja de ruta para emprender procesos de transformación digital (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014), se muestran en la figura 11.

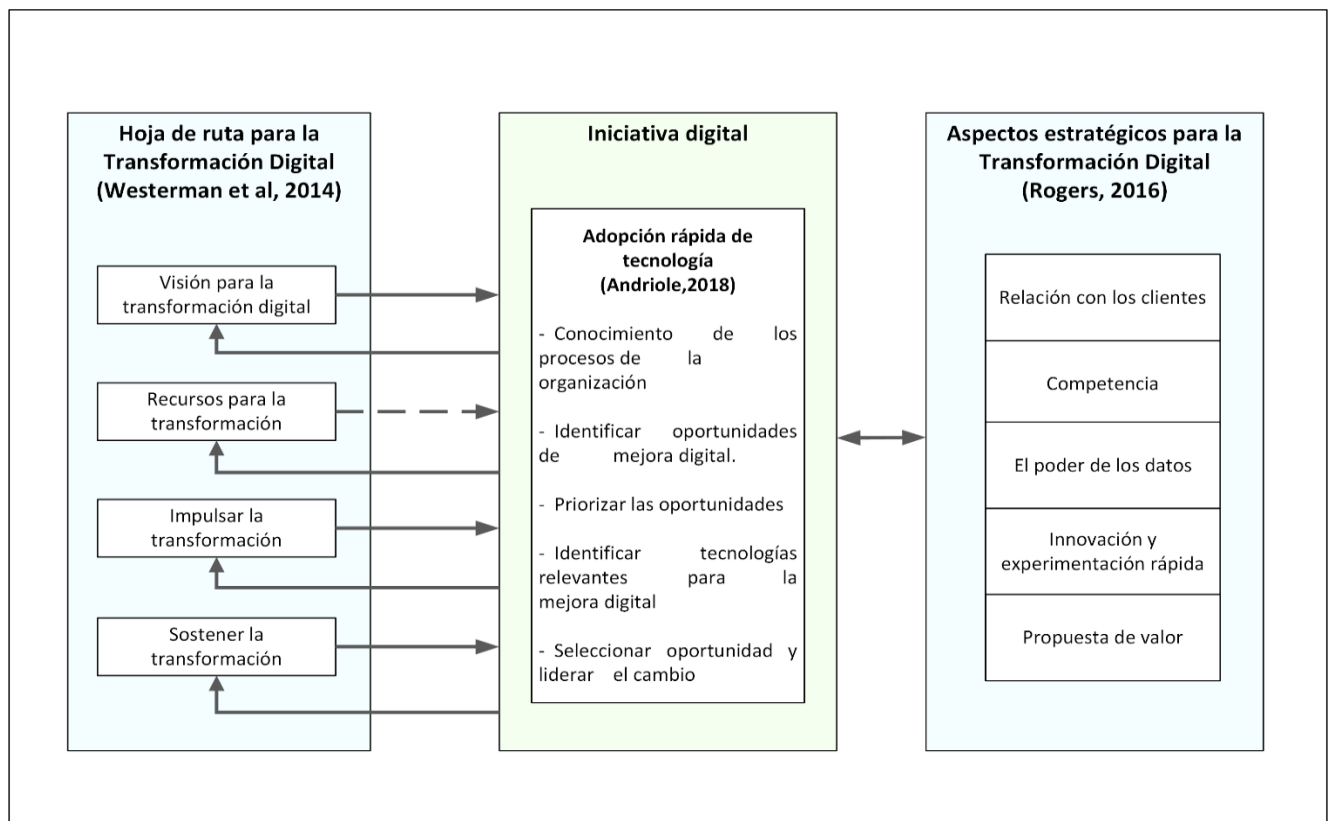


Figura 11. Relación de los elementos presentados en el marco teórico

Elaboración propia; (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014); (Andriole, Cox, & Khin, 2018); (Rogers, 2016)

En este proyecto, la relación que se estableció entre los modelos para orientar la transformación digital, se utiliza para proponer un modelo para la alineación estratégica de las soluciones digitales, desde una perspectiva de transformación digital. En otros términos, los proyectos digitales pueden enmarcarse en los mismos principios que orientan el proceso de transformación digital.

A partir de esta idea, el autor de este proyecto propone un modelo Canvas para la alineación estratégica de las soluciones digitales, desde una perspectiva de transformación digital. El modelo recibe el nombre de Modelo para el desarrollo de iniciativas digitales o Modelo DID Canvas y se muestra en la figura 12.

Modelo para la definición de iniciativas digitales. DID Canvas		
3. Hoja de ruta para la Transformación Digital	1. Iniciativa digital	2. La Estrategia de la Organización
¿Como?	¿Cuál es?	¿Porque es importante?
<input type="checkbox"/> Visión de transformación digital - Crear conciencia acerca del reto digital - Identificar el estado actual de la organización - Crear la visión y alinear al equipo de trabajo	Conocimiento de la organización para identificar oportunidades de mejora digital <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Identificar el contexto <input type="checkbox"/> Conocimiento de la organización <input type="checkbox"/> Identificar necesidades y oportunidades de mejora digital <input type="checkbox"/> Priorizar las oportunidades de mejora digital <input type="checkbox"/> Identificar tecnologías relevantes para atender las oportunidades de mejora digital <input type="checkbox"/> Definir la iniciativa digital y liderar el cambio 	<input type="checkbox"/> Transformar la relación con los clientes
<input type="checkbox"/> Recursos para la transformación - Convertir la visión en acción - Construir la estructura de gobernanza - Asignar los recursos para el cambio digital		<input type="checkbox"/> Identificar nuevas relaciones con la competencia
<input type="checkbox"/> Promover la transformación - Promover la iniciativa digital - Adquirir el compromiso con el cambio - Establecer las nuevas prácticas		<input type="checkbox"/> Identificar el poder de los datos
<input type="checkbox"/> Sostener la transformación - Construir habilidades para el cambio digital - Fortalecer la relación entre la dirección del negocio y la dirección de tecnología - Crear indicadores, monitorear e iterar		<input type="checkbox"/> Innovación mediante experimentación rápida
		<input type="checkbox"/> Transformar la propuesta de valor

Figura 12. Modelo para el desarrollo de iniciativas digitales

Fuente: Elaboración propia; (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014); (Andriole, Cox, & Khin, 2018); (Rogers, 2016)

El modelo DID Canvas es una herramienta para orientar la alineación estratégica de las soluciones digitales desde una perspectiva de transformación digital, de forma simplificada. El modelo DID Canvas no es una metodología rígida, en cambio es una herramienta que sirve para garantizar que los aspectos importantes para la alineación estratégica de las soluciones digitales se tengan en cuenta.

Para enfocar el uso del modelo a la alineación estratégica del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto, se crearon guías de orientación específicas para cada sección del modelo. Las guías incluyen temas y preguntas a desarrollar durante sesiones de trabajo en las que se aplica el modelo. Los tableros del modelo DID Canvas se encuentran en el anexo 3. Las guías de orientación se muestran en el anexo 4. A continuación se presenta el desarrollo de las secciones del modelo.

4.2.1. Sección 1: Iniciativa digital.

En esta sección se identifican las oportunidades digitales a través del conocimiento de la organización y sus necesidades. El proceso inicia con la revisión del contexto de la organización identificando los factores internos y externos que influyen en el funcionamiento de esta. A continuación, se identifican los procesos de la organización para encontrar oportunidades de mejora digital y se establecen prioridades de acuerdo con el impacto de la mejora en los procesos de la organización. Después se revisan las tecnologías relevantes que pueden utilizarse para resolver las oportunidades de mejora y finalmente se define la iniciativa digital que se va a desarrollar. La guía de orientación para esta sección incluye los siguientes puntos:

- Revisión del contexto:
 - Regulación
 - Estado de la empresa frente a la regulación
 - Capacidades digitales.
- Necesidades específicas:
 - Desde el punto de vista de la regulación
 - Desde el punto de vista de la empresa de acueducto
 - Desde el punto de vista de Aqualink.
- Características específicas del sistema de monitoreo y control
 - Variables

- Sensores
- Estaciones
- Integración con otros sistemas de información
- Telecomunicaciones
- Seguridad informática
- Tecnologías relevantes

La guía de orientación 1. Iniciativa digital, se muestra en el anexo 4.

4.2.2. *Sección 2: La estrategia de la organización*

En esta sección se evalúa la iniciativa digital a desarrollar desde la perspectiva estratégica de la organización, prestando mayor atención a los aspectos estratégicos que están siendo influenciados en mayor medida por el mundo digital: la relación con los clientes, la competencia, el poder de los datos, la innovación y la propuesta de valor. El objetivo es identificar elementos que pueden enriquecer la propuesta de mejora digital, o que pueden aumentar la probabilidad de éxito del proyecto. La guía de orientación para esta sección incluye los siguientes puntos:

- ¿Cómo puede el sistema de monitoreo y control, mejorar la relación con los clientes?
- ¿Cómo puede el sistema de monitoreo y control aportar nuevas ideas en relación con la competencia, (regulación)?
 - Nuevas ideas para mejorar el reglamento técnico RAS
- ¿Qué valor pueden aportar los datos del sistema de monitoreo y control?
 - Analítica de datos
 - Integración de datos con otros sistemas de información
- ¿Qué proyectos de innovación pueden surgir a partir del sistema de monitoreo y control?
 - Monitoreo de variables del sistema de aseo y alcantarillado
 - Interfaz con terminales móviles
- ¿Cómo puede el sistema de monitoreo y control, contribuir con la mejora de la propuesta de valor?
 - Eficiencia operativa
 - Disminución de pérdidas de agua
 - Desarrollo sostenible

La guía de orientación 2. Estrategia de la organización, se muestra en el anexo 4.

4.2.3. *Sección 3: Hoja de ruta para la transformación digital.*

En esta sección se evalúa la iniciativa digital desde el Compás de Transformación Digital que es la herramienta de manejo del cambio digital y que considera los siguientes elementos (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014):

- Enmarcar el reto digital: Crear conciencia acerca de las oportunidades y amenazas digitales, identificar las capacidades digitales de la organización, crear una visión y asegurarse de que el equipo de trabajo está alineado con ella.
- Enfocar los recursos: Traducir la visión en una hoja de ruta, crear la estructura de dirección del proyecto y asignar los recursos para la ejecución del proyecto.
- Impulsar la transformación: Promover el proyecto y adquirir el compromiso con el cambio. Establecer las nuevas prácticas para usar el producto del proyecto
- Sostener la transformación: Construir habilidades necesarias para apoyar la transformación, alinear los incentivos y recompensas, medir y monitorear el cambio.

La guía de orientación para esta sección explora los puntos anteriores desde las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede hacer la organización para facilitar la implementación y adopción del sistema de monitoreo y control?
- ¿Cómo puede ayudar Aqualink en este proceso?
- La guía de orientación 3. Hoja de ruta para la transformación digital, se muestra en el anexo 4.

4.2.4. *Roles y elementos asociados al modelo DID Canvas*

- Director: Es la persona designada para dirigir el desarrollo del modelo. Tiene buen conocimiento del tema a tratar y mediante talleres, orienta la alineación estratégica y definición de la iniciativa digital de interés.
- Colaboradores: Son personas que tienen relación con el proyecto y que hacen parte de los talleres. Cualquier persona que el director considere conveniente, puede ser un colaborador.

- Talleres: Son sesiones de trabajo programadas por el director, en las cuales, con la ayuda de los colaboradores, se desarrolla el modelo. Cada taller puede tener diferentes colaboradores y se puede realizar en sesiones presenciales o virtuales.
- Tablero DID Canvas: Es un tablero en el cual se registran, mediante el uso de notas autoadhesivas, las ideas y percepciones que resultan de seguir el flujo del modelo y aplicar las guías de orientación. Este tablero se utiliza en los talleres.
- Guías de orientación: Son guías concretas para orientar cada sección del modelo DID Canvas en un tema específico. Estas guías se utilizan en los talleres DID.
- Documento DID: Es el documento donde se registra la información relevante que hace parte del desarrollo del Modelo DID Canvas. Este documento es responsabilidad del director DID y tiene las mismas secciones que el modelo DID Canvas.

4.2.5. Uso del modelo

Como punto de partida se emplea un tablero DID Canvas que contiene la iniciativa digital preliminar. Luego el director, durante sesiones de trabajo con los colaboradores, orienta la evaluación de la iniciativa digital desde las tres secciones del modelo. Las ideas que surgen se registran en el tablero mediante el uso de notas autoadhesivas. Durante este proceso se utilizan las guías de orientación y se crea un documento que contiene información relevante para el proyecto. Al final las ideas registradas se utilizan para crear la definición de la iniciativa digital cuyos aspectos tecnológicos y estratégicos se encuentran alineados. Ver figura 13.

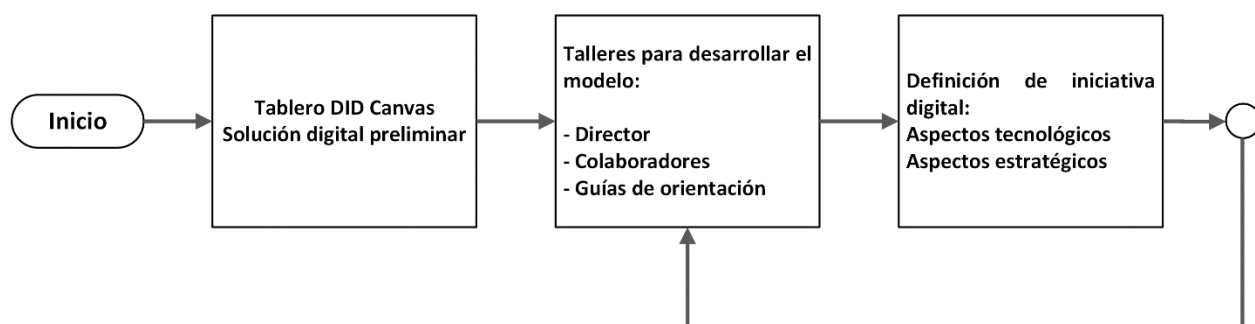


Figura 13. Uso del modelo DID Canvas

Fuente: Elaboración propia

4.3. Prototipo del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto.

Se utilizó el modelo DID Canvas presentado en la sección anterior, para la alineación estratégica y definición del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto, y después se empleó esta definición para construir un prototipo del sistema. El modelo se aplicó desde la perspectiva de Aqualink, que desea ofrecer la solución a las empresas de la región Sabana Centro. El proceso para la construcción del prototipo se muestra en la figura 14.

4.3.1. Uso del modelo DID Canvas para la alineación estratégica y definición del sistema de monitoreo y control.

En esta sección se utiliza el modelo DID Canvas para la alineación estratégica y definición del sistema de monitoreo y control, que corresponde al primer paso en la construcción del prototipo. Ver figura 14.

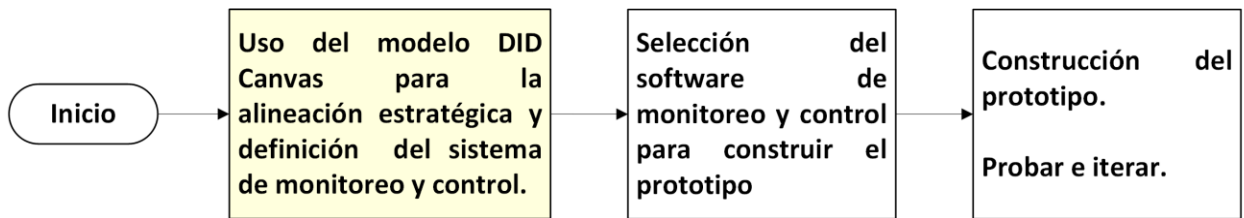


Figura 14. Proceso para la construcción del prototipo

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron talleres y reuniones en Aqualink, para desarrollar el modelo DID Canvas y obtener la alineación estratégica y definición del sistema de monitoreo y control.

4.3.1.1. Sección 1 del modelo DID Canvas. Iniciativa digital

En esta sección se trabaja para conocer la iniciativa digital. La pregunta que orienta el desarrollo de esta sección es: ¿Cuál es la iniciativa digital?

Durante el trabajo realizado, se identificó la necesidad de implementar un sistema de monitoreo y control debido al cambio del reglamento técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, y la dificultad que tenía la empresa de acueducto para definir y evaluar este tipo de proyectos sobre los cuales no contaba con conocimiento y experiencia previos. De igual forma se

observó cómo algunos proveedores tradicionales ofrecieron soluciones que no eran las más indicadas para resolver la necesidad.

Par identificar los requerimientos del sistema de monitoreo y control se revisaron las necesidades desde el punto de vista del RAS, de la empresa de acueducto y desde la perspectiva de Aqualink. Las tablas 2, 3 y 4 presentan las necesidades respectivamente.

Tabla 2. Artículos de la resolución 330 de 2017, RAS, y necesidades identificadas.

Artículo del RAS	Necesidades identificadas											
	Monitoreo y control	Conocimiento/capacitación	Monitoreo de presión	Monitoreo del estado de válvulas de corte	Monitoreo del estado de válvulas reguladoras	Control de válvulas reguladoras de presión	Monitoreo de caudal - Macromedidores	Monitoreo de caudal - Micromedidores	Monitoreo de registradores de presión	Análítica de datos	Modelado hidráulico	Sectorización
31	■											
32		■										
57											■	
58												■
61			■									
62			■									
64				■								
65					■	■						
73							■					
74								■				
75	■						■	■				
89									■			
90									■			
91											■	
236	■											

Fuente: Elaboración propia; (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Tabla 3. Necesidades de la empresa de acueducto

Area o encargado	Transformación digital	Actualización de conocimientos					Proyectos					Revisión de procesos y sistemas de información		
		Estrategia de tecnología	Sistemas de monitoreo y control	Modelado	Sectorización	Medición	Implementación de un sistema de monitoreo y	Integración de datos	Análítica de datos	Modelado hidráulico	Sectorización	Mantenimiento	Medición	Facturación
Gerencia EA														
Dirección de operaciones EA														
Ingeniero de operaciones EA														
Proveedores tradicionales de la EA														
Gerencia Aqualink														
Asesor externo - Aqualink														

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Necesidades desde el punto de vista de Aqualink

Necesidades de Aqualink	
1	Desarrollo de un sistema de monitoreo y control para empresas de acueducto
2	Desarrollo de una solución tecnológica desde una perspectiva de transformación digital
3	Desarrollo de una solución tecnológica confiable de implementación rápida y bajo costo

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se empleó la guía de orientación 1, que incluye preguntas específicas para la definición tecnológica del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto, y se identificaron las características que se presentan a continuación. Las guías de orientación se encuentran en el anexo 4.

Características específicas de acuerdo con la guía de orientación 1 Inicitativa digital:

- Variables disponibles para ser monitoreadas: Flujo de agua
 - Estaciones típicas del sistema

- Estación de recibo de agua
- Estación de macro-medición
- Estación de regulación
- Estación de bloqueo
- Sensor a monitorear: Medidor de flujo Ultraflux UF811
- Puerto de comunicaciones: RS-232, RS-485
- Protocolo de comunicaciones: MODBUS, JBUS
- No se requiere RTU
- Número de estaciones a monitorear: 10
- Número de equipos a monitorear: 10
- No se requiere integración con el sistema de medición
- No se requiere integración con el sistema de facturación
- No se requiere integración con el sistema de mantenimiento
- No se requiere integración con el sistema de modelado hidráulico
- No se requiere integración con otros sistemas de información
- El sistema de monitoreo y control se configurará inicialmente para realizar la medición de flujo de los macro-medidores y posteriormente cuando estén disponibles los equipos, se realizará el monitoreo de presión y estado de válvulas, así como el control de válvulas reguladoras.
- El sistema emplear comunicaciones 3G sobre la red de datos de los operadores de telecomunicaciones celulares
- El sistema de monitoreo y control se instalará en la sede del cliente.
- Las características de seguridad informática se definirán al presentar la solución al cliente.
 - El control de acceso físico depende del cliente.
 - El control de acceso lógico se definirá con el cliente.
 - Se presentarán al cliente las recomendaciones de la norma NIST SP 800-82.
- Para el diseño de la solución se considerarán tecnologías SCADA, NB-IoT y RTUs habilitadas para funcionar con tecnología NB-IoT.

Las ideas y características que se identificaron en esta sección se registran en el tablero DID Canvas, como notas autoadhesivas, y se emplearán para definir el sistema de monitoreo y control

de la red de acueducto. En la figura 15 se muestra una imagen del taller DID Canvas. La secuencia de desarrollo del modelo DID Canvas se muestra en el anexo 5.



Figura 15. Imagen del taller DID Canvas

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2. Sección 2 del modelo DID Canvas. La estrategia de la organización.

En esta sección se evalúa la iniciativa digital de interés desde el punto de vista de la estrategia corporativa, considerando los cinco aspectos estratégicos clave: clientes, competencia, datos, innovación y propuesta de valor. La pregunta que orienta el desarrollo de esta sección es: ¿Cómo puede la iniciativa digital mejorar cada uno de los aspectos estratégicos señalados?

- *¿Cómo puede el sistema de monitoreo y control mejorar la relación con los clientes?*

El sistema de monitoreo y control permite un registro detallado del consumo de los clientes y esta información puede ser de su interés. Idea asociada: Se puede crear un portal WEB para que los grandes y medianos clientes puedan tener acceso a información detallada de consumo y facturación.

El sistema de monitoreo y control de la red de acueducto permite monitorear variables adicionales del cliente. Idea asociada: Se puede ofrecer la lectura de variables del cliente.

- *¿Cómo puede el sistema de monitoreo y control aportar nuevas ideas en relación con la competencia?*

Aun cuando la operación de los acueductos se realiza en un entorno libre de competencia que puede reducir el interés en realizar inversiones tecnológicas para mejorar la operación, quedar rezagado en el uso de tecnologías que mejoren la eficiencia de los procesos y que aseguren un uso racional del agua, puede conducir a incumplimientos, multas e incluso la intervención y pérdida del contrato de operación. Es importante cumplir con las condiciones del contrato de operación y estar atento a las tendencias y buenas prácticas de operación del sector. Ideas asociadas:

- Se puede realizar un estudio de tendencias y buenas prácticas operación de acueductos que permita comparar el estado de la empresa con el sector.
 - Se pueden ofrecer servicios de monitoreo y control a otros operadores de acueducto.
 - Los aprendizajes e ideas que surjan de la implementación y operación del sistema de monitoreo y control pueden generar ideas para mejorar el Reglamento técnico de agua y saneamiento básico, RAS.
- *¿Qué valor pueden aportar los datos del sistema de monitoreo y control?*

La disponibilidad de datos operativos en tiempo real permitiría la construcción de tendencias de consumo y aplicaciones de analítica para identificar pérdidas de agua. Adicionalmente sería posible integrar esta información con otros sistemas como medición, facturación, mantenimiento y modelado digital. Ideas asociadas:

- Integración de datos con los sistemas de medición y facturación, mantenimiento y modelado digital,
- Analítica de datos apoyar los procesos de medición, facturación, control de pérdidas, sectorización, y mantenimiento
- Construcción de indicadores y portales de información para las diferentes áreas de la empresa.

- *¿Qué proyectos de innovación pueden surgir del sistema de monitoreo y control?*

Se pueden evaluar otros sistemas de monitoreo y control para el monitoreo y control de procesos de alcantarillado y aseo. También se puede considerar el monitoreo de recursos hídricos de la región. La información del sistema de monitoreo y control se puede integrar con el sistema de mantenimiento y transmitirse a terminales móviles del personal de operación y mantenimiento. Ideas asociadas:

- Monitoreo y control de procesos de alcantarillado y aseo.
 - Monitoreo y control de recursos hídricos de la región.
 - Integración con el sistema de mantenimiento y transmisión de información a terminales móviles del personal de operación y mantenimiento.
- *¿Cómo puede apoyar el sistema de monitoreo y control, la mejora de la propuesta de valor de la empresa?*

El sistema de monitoreo y control permite mejorar la eficiencia operativa de la red de acueducto, contribuyendo con el uso eficiente y disminución de pérdidas de agua. Esta mejora está línea con los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Organización de las Naciones Unidas, cuyo objetivo 6, indica la necesidad de garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos (ONU, 2015). Las mejoras de la eficiencia operativa de la red de acueducto contribuyen con la mejora a la propuesta de valor de la empresa de acueducto. Idea asociada: Integración de datos de diferentes sistemas de información para presentar indicadores de mejora en la gestión sostenible del agua.

Las ideas y características que se identificaron en esta sección se registran en el tablero DID Canvas, como notas autoadhesivas, y se emplearán para definir el sistema de monitoreo y control de la red de acueducto.

4.3.1.3. Sección 3 del modelo DID Canvas. Hoja de ruta para la transformación digital.

En esta sección se evalúa la iniciativa digital desde el punto de vista de la hoja de ruta para la transformación digital, considerando los siguientes aspectos: visión de transformación digital, recursos para la transformación, promoción de la transformación y sostenimiento de la

transformación. La pregunta que orienta el desarrollo de esta sección es: ¿Cómo puede la organización hacer realidad la iniciativa digital?

- *Visión de transformación digital.*

Es necesario crear conciencia acerca de la importancia de la iniciativa digital y como esta se encuentra alineada con la visión de la organización. Esto permitirá motivar al equipo de trabajo y prepararlo para el cambio. Ideas asociadas: Se pueden compartir las buenas prácticas de transformación digital y realizar diagnósticos de madurez y estrategia de transformación digital.

- *Recursos para la transformación.*

La organización debe convertir la visión en acción asignando los recursos necesarios para el proyecto. Ideas asociadas: Se puede apoyar a la organización en la definición del portafolio de proyectos digitales y su análisis financiero.

- *Promover la transformación.*

La gerencia de la organización debe estar comprometida con la solución digital y debe promoverla movilizandoo el equipo de trabajo mediante la adopción de nuevas prácticas y comportamientos. Ideas asociadas: Se puede ofrecer entrenamiento y capacitación para el uso y adopción de nuevas tecnologías.

- *Sostener la transformación.*

Es necesario consolidar los resultados de las iniciativas digitales realizadas y mantener el ritmo de cambio e innovación digital. Ideas asociadas: Se pueden realizar diagnósticos para la mejora continua de procesos mediante el uso de tecnologías digitales, así como la construcción de indicadores para monitorear y promover el grado de maestría digital de la organización.

Las ideas y características que se identificaron en esta sección se registran en el tablero DID Canvas, como notas autoadhesivas, y se emplearán para definir el sistema de monitoreo y control de la red de acueducto. En la figura 16 se muestra una imagen del tablero DID Canvas final.



Figura 16. Tablero DID Canvas final

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.4. Definición de la iniciativa digital

Como resultado de aplicar el modelo DID Canvas para la alineación estratégica y definición de un sistema de monitoreo y control para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, Aqualink obtiene la definición de la solución que incluye el sistema de monitoreo y control como componente tecnológico, y los servicios adicionales que se identificaron al evaluar el sistema desde la perspectiva estratégica de la organización. A continuación, se presenta la definición del sistema:

Sistema de monitoreo y control de la red de acueducto de acuerdo con el modelo DID Canvas:

Debido al cambio en la regulación, las empresas de acueducto de la región Sabana Centro requieren un sistema de monitoreo y control que permita el monitoreo de los macro-medidores de la red de acueducto. El sistema debe contar con las siguientes características técnicas:

- El sistema debe permitir el monitoreo y/o control de las siguientes variables y estaciones cuando estén disponibles los sensores:
 - Monitoreo de caudal
 - Monitoreo de presión
 - Monitoreo de válvulas de corte
 - Monitoreo de válvulas reguladoras de presión
 - Control de válvulas reguladoras de presión
 - Lectura de registradores de presión
- El sistema debe permitir la integración con otros sistemas de información de la empresa como mantenimiento, medición y facturación.
- El sistema debe permitir la integración de tecnologías de internet de las cosas para el monitoreo de nuevos sensores y variables.
- Se realizará el monitoreo de un sensor de flujo Ultraflux UF811
- Se empleará un puerto de comunicaciones RS-232 o RS-485
- Se empleará un protocolo de comunicaciones Modbus o JBUS
- El sistema empleará comunicaciones 3G sobre la red de datos de los operadores de telecomunicaciones celulares
- Las características de seguridad informática se definirán con la empresa de acueducto.

Aqualink ofrecerá a las empresas de acueducto los siguientes servicios que complementan el sistema de monitoreo y control. Estos servicios facilitarán el proceso de adopción del sistema y permitirán ampliar las capacidades del mismo.

- Diagnóstico de capacidades digitales.
- Entrenamiento para mejorar las habilidades digitales.
- Apoyo para mejorar la estrategia tecnológica de la empresa de acueducto.
- Integración de datos con otros sistemas de información: monitoreo y control, mantenimiento, medición, facturación, modelado digital.
- Analítica de datos para apoyar los procesos de medición, facturación, control de pérdidas, sectorización y mantenimiento.
- Desarrollo de portales de información para clientes internos y externos.

- Proyectos de mejora de procesos.
- Proyectos de modelado digital
- Diseño y ejecución de proyectos de instrumentación y control

El sistema de monitoreo y control y la oferta de servicios adicionales constituyen la solución que Aqualink ofrecerá a las empresas de acueducto de la región Sabana Centro.

4.3.2. Selección del software de monitoreo y control.

En esta sección se realiza la selección del software de monitoreo y control, que corresponde al segundo paso en la construcción del prototipo. Ver figura 17.

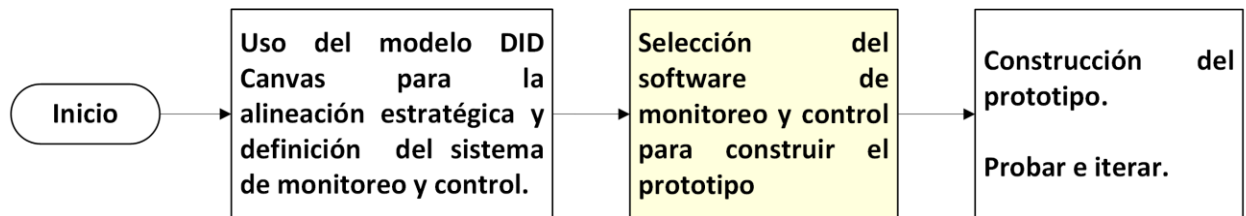


Figura 17. Selección del sistema de monitoreo y control

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las características del sistema de monitoreo y control, se requiere un software SCADA, (supervisory control and data acquisition), para implementar la solución. Para realizar la selección del software, se empleó el método Promethee-Gaia, para toma de decisiones multicriterio.

4.3.2.1. Alternativas de sistemas SCADA

Se requiere un software SCADA, confiable, robusto, flexible, de configuración y despliegue rápidos, cuyos costos de licenciamiento y desarrollo sean inferiores a US \$20.000. De acuerdo con estas características se identificaron los siguientes programas SCADA:

- Haiwell SCADA. <https://www.haiwell.com/download/151-en.html>
- Rapid SCADA. <https://rapidscada.org/>
- IGSS SCADA. <https://igss.schneider-electric.com/>
- Ignition SCADA. <https://inductiveautomation.com/scada-software/>

- Aveva Edge SCADA. <https://www.aveva.com/en/products/edge/>

4.3.2.2. *Criterios para evaluar los sistemas SCADA*

Durante la ejecución del proyecto SCRUM, se identificaron los siguientes criterios para evaluar las alternativas de sistemas SCADA:

- País o región de origen.
- Funcionalidad. Se calificará la disponibilidad de la funcionalidad tradicional de los sistemas SCADA y la posibilidad de incorporar nuevas tecnologías por ejemplo IoT y Cloud.
- Existencia de representación local.
- Existencia de soporte local.
- Costo de la licencia
- Software libre. Se evaluará si el sistema SCADA es de software libre.
- Confiabilidad.
- Capacidad de crecimiento del sistema SCADA.
- Facilidad para realizar el mantenimiento del sistema SCADA.
- Posibilidad de configurar el sistema en un solo equipo o en una arquitectura cliente-servidor.
- Disponibilidad de driver modbus y drivers OPC.

4.3.2.3. *Ponderación de criterios*

Se elaboró una matriz de comparación por parejas para establecer la ponderación de los criterios (Song & Kang, 2016). La tabla 5 muestra la escala empleada para comparar los criterios.

Tabla 5. Escala para la comparación de criterios del modelo de selección SCADA

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen de igual forma con el objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen de forma moderada un criterio sobre el otro
5	Alta importancia	La experiencia y el juicio favorecen altamente un criterio sobre el otro
7	Muy alta importancia	Un criterio se favorece de forma muy alta sobre el otro. Su dominancia se demuestra en la práctica
9	Extrema importancia	La evidencia favorece un criterio sobre el otro otorgándole la mayor importancia posible.
2-4-6-8	Valores intermedios	Se usan para expresar valores intermedios

Fuente: (Saaty, 1994)

De acuerdo con los criterios definidos se elaboró la matriz de comparación por parejas que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Matriz de comparación por parejas de criterios para la selección del sistema SCADA.

Criterios	Origen	Funcionalidad	¿Representación local?	¿Soporte local?	Costo de licencia	¿Es software libre?	Confiabilidad	Capacidad de crecimiento	Facilidad de mantenimiento	Instalación cliente-servidor/standalone	¿Cuenta con drivers modbus y OPC?
Origen	1	0,3	0,3	0,2	0,3	1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Funcionalidad	3	1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
¿Representación local?	3	3	1	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
¿Soporte local?	5	3	3	1	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Costo de licencia	3	1	3	3	1	1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
¿Es software libre?	1	1	1	1	1	1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
Confiabilidad	3	3	3	1	3	3	1	1,0	1,0	1,0	0,3
Capacidad de crecimiento	5	3	3	3	3	3	1	1	1,0	1,0	0,3
Facilidad de mantenimiento	5	3	3	3	3	3	1	1	1	0,3	0,3
Instalación cliente-servidor/standalone	5	5	5	3	5	5	1	1	3	1	0,3
¿Cuenta con drivers modbus y OPC?	7	7	5	3	7	7	3	3	3	3	1
Total	41,0	30,3	27,7	18,9	25,0	27,0	9,7	8,9	10,9	7,7	3,4

Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo, en la tabla 6 al comparar la confiabilidad contra el costo de la licencia, se otorga moderada importancia a la confiabilidad sobre el costo de la licencia, asignando un valor de 3. Para establecer la comparación inversa, es decir el costo de la licencia contra la confiabilidad, se utiliza el factor de proporcionalidad inversa, es decir 1/3.

Después de realizar todas las comparaciones, se escalan los valores de comparación en el rango 0-1, y se encuentra el valor de ponderación porcentual para cada criterio. Esta matriz de ponderación se observa en la tabla 7. En el anexo 6 se encuentra la matriz de comparación de criterios y el cálculo de la matriz de ponderación.

Tabla 7. Matriz de ponderación de criterios para la selección del sistema SCADA.

Criterios	Origen	Funcionalidad	¿Representación local?	¿Soporte local?	Costo de licencia	¿Es software libre?	Confiabilidad	Capacidad de crecimiento	Facilidad de mantenimiento	Instalación cliente-servidor/standalone	¿Cuenta con drivers modbus y OPC?	Ponderación
Origen	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	2,3%
Funcionalidad	0,07	0,03	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	3,5%
¿Representación local?	0,07	0,1	0,04	0,02	0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	4,2%
¿Soporte local?	0,12	0,1	0,11	0,05	0,01	0,04	0,1	0,04	0,03	0,04	0,1	6,8%
Costo de licencia	0,07	0,03	0,11	0,16	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	5,6%
¿Es software libre?	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	3,6%
Confiabilidad	0,07	0,1	0,11	0,05	0,12	0,11	0,1	0,11	0,09	0,13	0,1	10,0%
Capacidad de crecimiento	0,12	0,1	0,11	0,16	0,12	0,11	0,1	0,11	0,09	0,13	0,1	11,4%
Facilidad de mantenimiento	0,12	0,1	0,11	0,16	0,12	0,11	0,1	0,11	0,09	0,04	0,1	10,6%
Instalación cliente-servidor/standalone	0,12	0,16	0,18	0,16	0,2	0,19	0,1	0,11	0,28	0,13	0,1	15,7%
¿Cuenta con drivers modbus y OPC?	0,17	0,23	0,18	0,16	0,28	0,26	0,31	0,34	0,28	0,39	0,29	26,2%
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,0%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa como el criterio al que se asigna mayor importancia, es la disponibilidad de drivers modbus y OPC que permitan la comunicación entre el sistema SCADA y el medidor de flujo Ultraflux UF811, dado que su ausencia significaría un aumento significativo del trabajo y costo del proyecto. La tabla 8 muestra el resumen de la ponderación de los criterios.

Tabla 8. Resultado de la ponderación de criterios.

Criterio	Ponderación	Importancia
El sistema cuenta con drivers modbus y opc	26,2%	Mayor importancia
Se puede realizar instalación cliente-servidor y solo en el cliente	15,7%	
Capacidad de crecimiento	11,4%	
Facilidad de mantenimiento	10,6%	
Confiabilidad	10,0%	
Cuenta con soporte local	6,8%	
Costo de licencia	5,6%	
Cuenta con representación local	4,2%	
Cuenta con licencia de código abierto	3,6%	
Funcionalidad	3,5%	
Origen. Región geográfica de origen del sistema	2,3%	Menor importancia

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.4. Calificación de criterios

El equipo de trabajo de Aqualink calificó los criterios para cada alternativa de acuerdo a la información que se obtuvo de la empresa de acueducto. Los valores del costo del licenciamiento se obtuvieron mediante consulta a los proveedores y consulta en internet.

En la tabla 9, se muestran las escalas utilizadas para cada criterio. En la tabla 10, se muestran las calificaciones que se asignaron a cada criterio.

Tabla 9. Escalas usadas para los criterios

Matriz de ponderación	Escala de calificación	¿Maximizar o minimizar el valor de calificación ^{1?}
Origen	1 a 5	max
Funcionalidad	1 a 5	max
¿Representación local?	si / no	max
¿Soporte local?	si / no	max
Costo de licencia	US \$	min
¿Es software libre?	si / no	max
Confiabilidad	1 a 9	max
Capacidad de crecimiento	1 a 5	max
Facilidad de mantenimiento	1 a 5	max
Instalación cliente-servidor/standalone	si / no	max
Driver modbus y OPC	si / no	max
<p>¿Maximizar o minimizar el valor de calificación? Se refiere a cual es la mejor calificación para la escala. En el caso de una escala de 1 a 5, el parámetro max, indica que la mejor calificación es 5. En el caso de una escala 1 a 5, el parámetro min, indica que la mejor calificación es 1</p>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Calificación o puntaje asignado a las alternativas por cada criterio.

Alternativas	Origen	Funcionalidad	¿Representación local?	¿Soporte local?	Costo de licencia	¿Es software libre?	Confiabilidad ¹	Capacidad de crecimiento	Facilidad de mantenimiento	Instalación cliente-servidor/standalone	¿Cuenta con drivers modbus y OPC?
Min/Max	max	max	max	max	min	min	max	max	max	max	max
Escala	1 a 5	1 a 5	y/n	y/n	US \$	y/n	1 a 9	1 a 5	1 a 5	y/n	y/n
Haiwell	4	5	yes	yes	\$ 6.000,00	no	Good	5	4	yes	yes
Rapid SCADA	1	4	no	no	\$ -	yes	Bad	4	3	yes	yes
Schneider IGSS	5	5	yes	yes	\$ 1.221,00	no	Very good	5	5	yes	yes
Ignition	5	5	no	no	\$ 9.950,00	no	Good	5	3	yes	yes
Aveva Edge	5	5	yes	yes	\$12.960,00	no	Very good	5	5	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.5. Modelo para la selección del sistema SCADA.

Con la información anterior se configura el modelo Promethee-Gaia, para la selección del sistema SCADA. Se empleó el software Visual Promethee, www.promethee-gaia.net/software.html. En la figura 18 se muestra el modelo configurado.

Visual PROMETHEE Academic - Scada R2.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1	Origen	SCADA actual?	Rprstcn. local?	Soporte local	\$ Licencia	Software libre?	Confiabilidad	Ampliabilidad	Mantenibilidad	Standalone/CS	Modbus y OPC
Unit	1-5	3-point	y/n	y/n	US \$	y/n	9-point	3-point	3-point	y/n	y/n
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences											
Min/Max	max	min	max	max	min	min	max	min	min	max	max
Weight	2,30	3,50	4,20	6,80	5,60	3,60	10,00	11,40	10,60	15,70	26,20
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics											
Minimum	1,00	1,00	0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maximum	5,00	3,00	1,00	1,00	\$ 12.960,00	1,00	9,00	2,00	2,00	1,00	1,00
Average	3,80	2,00	0,60	0,60	\$ 6.026,20	0,20	7,00	1,20	1,60	1,00	1,00
Standard Dev.	1,60	0,63	0,49	0,49	\$ 4.957,41	0,40	2,19	0,40	0,49	0,00	0,00
Evaluations											
<input checked="" type="checkbox"/> Haiwell	3,00	level1	yes		\$ 6.000,00	no	G	level1	level2	yes	yes
<input checked="" type="checkbox"/> Rapid SCADA	1,00	level3	no	no	\$ 0,00	yes	B	level2	level2	yes	yes
<input checked="" type="checkbox"/> Schneider IGSS	5,00	level2	yes	yes	\$ 1.221,00	no	VG	level1	level1	yes	yes
<input checked="" type="checkbox"/> Ignition	5,00	level2	no	no	\$ 9.950,00	no	G	level1	level2	yes	yes
<input checked="" type="checkbox"/> Aveva Edge	5,00	level2	yes	yes	\$ 12.960,00	no	VG	level1	level1	yes	yes

Figura 18. Modelo Promethee-Gaia para la selección del sistema SCADA

Fuente: (Visual Promethee, 2011-2014); Datos modelo elaboración propia

La figura anterior muestra la interfaz del programa Visual Promethee donde se encuentran los valores que se ingresan al modelo de comparación: alternativas, criterios y escala de calificación para cada criterio.

El archivo de configuración del modelo empleado en este proyecto se encuentra en el anexo 7. La configuración del modelo y los resultados se encuentran el anexo 8.

4.3.2.6. Resultado del modelo de selección multicriterio

Según el análisis realizado con el método Promethee, con la aplicación Visual Promethee para la toma de decisiones multicriterio, la mejor alternativa es el sistema SCADA Schneider IGSS. La figura 19 muestra el resultado numérico del modelo y la figura 20 el resultado gráfico.

The screenshot shows a window titled "Performance Aggregated Score" with a table of alternatives. The table has five columns: "Input", "Output", "O/I ratio", and "Score". The alternatives listed are Haiwell, Rapid, Schenider, Ignition, and Aveva. The scores are 61,91, 22,51, 100,00, 39,59, and 83,54 respectively.

	Input	Output	O/I ratio	Score
Haiwell	0,0648	0,0648	1,1386	61,91
Rapid	-0,4144	-0,4144	0,4140	22,51
Schenider	0,2955	0,2955	1,8391	100,00
Ignition	-0,1574	-0,1574	0,7280	39,59
Aveva	0,2115	0,2115	1,5363	83,54

Figura 19. Calificación de alternativas por el modelo Promethee-Gaia

Fuente: (Visual Promethee, 2011-2014), Datos modelo elaboración propia

La figura anterior muestra como el sistema SCADA Schneider IGSS, con una puntuación de 100.0, es la mejor alternativa para el modelo de selección multicriterio creado. Como segunda opción se encuentra el sistema SCADA Aveva Edge con una calificación de 83.6

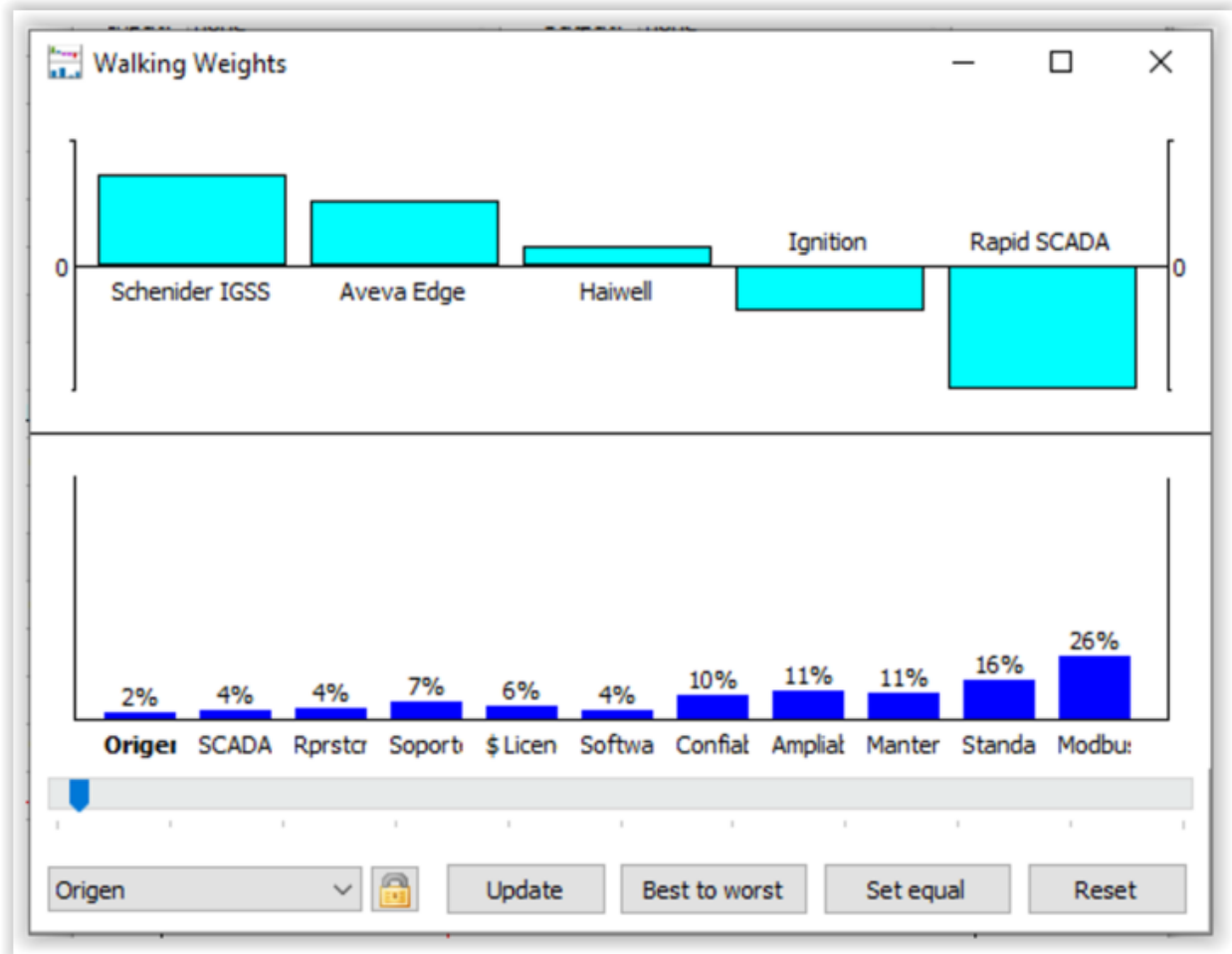


Figura 20. Resultado gráfico del modelo Promethee-Gaia

Fuente: (Visual Promethee, 2011-2014), Datos modelo elaboración propia

La figura anterior muestra el resultado del modelo, donde las alternativas están organizadas de mayor a menor y la ponderación de los criterios de menor a mayor, (de izquierda a derecha del eje x). El SCADA Schneider IGSS es la mejor alternativa y el sistema Rapid SCADA es la alternativa menos recomendada.

4.3.2.7. Análisis de sensibilidad

Se emplea la técnica de modelización visual GAIA, para analizar gráficamente el problema de decisión, cambiando el valor de las ponderaciones mediante la función “Walking weights, (pesos caminantes), y evaluando su efecto en los resultados del modelo. Este análisis de sensibilidad se visualiza en el modelo de forma inmediata, pues los cambios en el valor de las ponderaciones cambian el tamaño de las barras que indican el valor de preferencia de cada alternativa. En la figura

21 se muestra el modelo con la ponderación de criterios inicial y un modelo en el que se asigna un 67% de importancia, al criterio “costo del licenciamiento”, que cambia el orden de preferencia de las alternativas, y sitúa al sistema Rapid SCADA como la mejor alternativa. En el anexo 9 se encuentra un video que presenta este análisis.

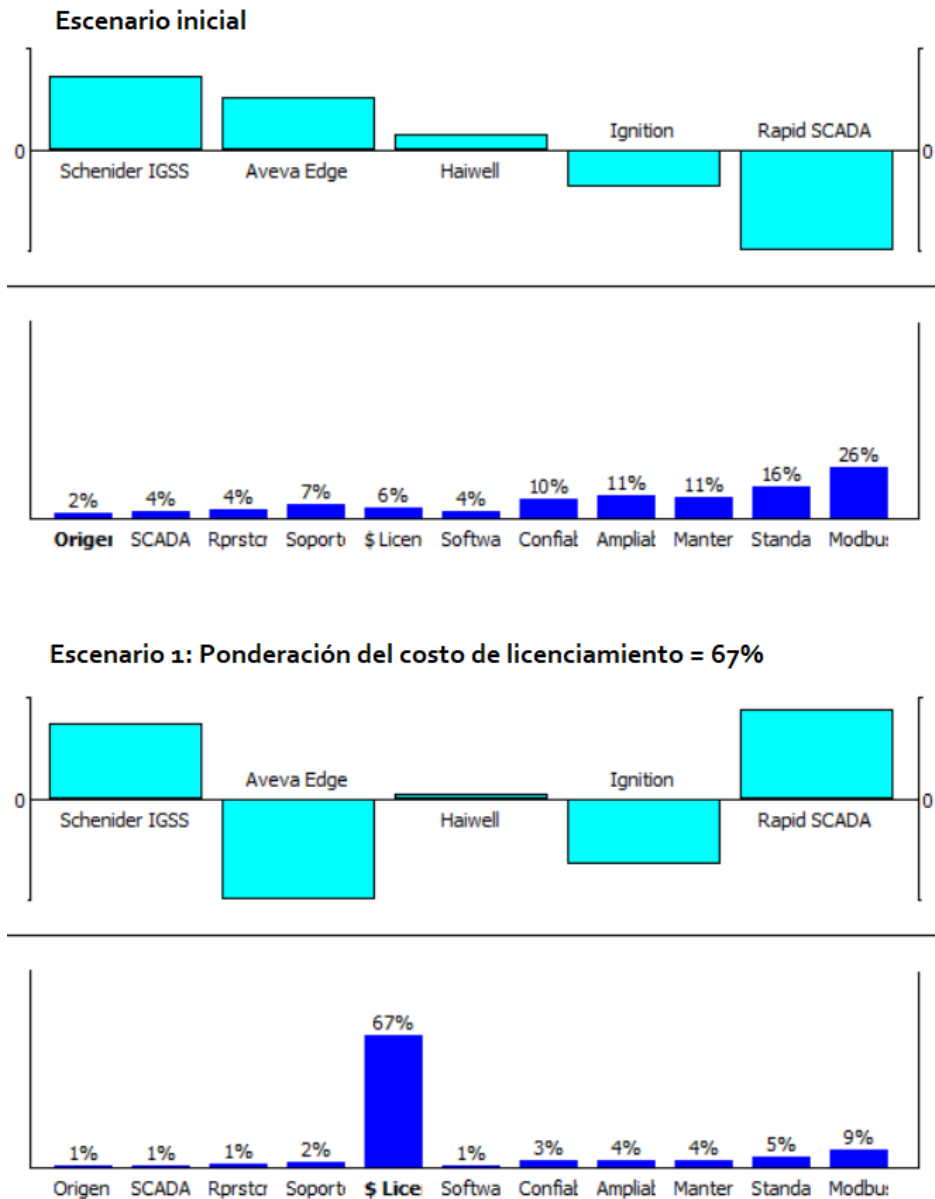


Figura 21. Ejemplo de análisis de escenarios en el programa Visual Promethee
Fuente: (Visual Promethee, 2011-2014), Datos modelo elaboración propia

4.3.3. Construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control.

En esta sección se realiza la construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control, que corresponde al tercer paso en la construcción del prototipo. Ver figura 22.

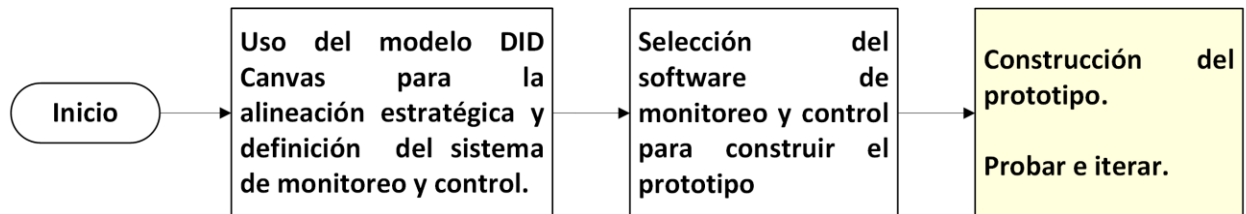


Figura 22. Construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción del prototipo, se utilizó la definición del sistema de monitoreo y control de la red acueducto municipal, que se obtuvo con el modelo DID Canvas, y el sistema SCADA seleccionado mediante la metodología Promethee-Gaia, que se presentaron en las secciones previas. La gestión del proyecto de construcción del prototipo se hizo empleando la metodología Scrum.

4.3.3.1. Proyecto SCRUM

Diseño y construcción de un prototipo del sistema de monitoreo y control de la red de acueducto, para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, de acuerdo con las características definidas mediante el uso del modelo DID Canvas. Se empleará el sistema SCADA Schneider IGSS.

Se definieron los roles del proyecto Scrum y se identificaron los siguientes usuarios para la creación de historias de usuario:

- Gerente de la empresa de acueducto
- Director de operaciones de la empresa de acueducto
- Operador del sistema de monitoreo y control
- Gerente de Aqualink

Se crearon las historias de usuario y la pila del producto, y se definió un proyecto Scrum compuesto por 8 Sprints de un día de duración cada uno. El flujo de trabajo para la configuración del sistema SCADA, propuesto por el fabricante, se tuvo en cuenta y hace parte de las actividades definidas en la pila del producto.

Las historias de usuario se encuentran en el anexo 10. El cuadro de control del proyecto SCRUM y la pila del producto se encuentran en el anexo 11. El resumen de los sprints se muestra en el anexo 12.

4.3.3.2. Resultado del proyecto Scrum

Como resultado de aplicar el modelo DID Canvas a la definición de un sistema de monitoreo y control para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro, se obtiene la definición de la solución que incluye el sistema de monitoreo y control como componente tecnológico, y los servicios adicionales que se identificaron al evaluar el sistema desde la perspectiva estratégica de la organización. A continuación, se presenta la definición del sistema:

Sistema de monitoreo y control de la red de acueducto de acuerdo con el modelo DID Canvas:

Debido al cambio en la regulación, las empresas de acueducto de la región Sabana Centro requieren un sistema de monitoreo y control que permita el monitoreo de los macro-medidores de la red de acueducto. El sistema debe contar con las siguientes características técnicas:

- El sistema debe permitir el monitoreo y/o control de las siguientes variables y estaciones cuando estén disponibles los sensores:
 - Monitoreo de caudal
 - Monitoreo de presión
 - Monitoreo de válvulas de corte
 - Monitoreo de válvulas reguladoras de presión
 - Control de válvulas reguladoras de presión
 - Lectura de registradores de presión
- El sistema debe permitir la integración con otros sistemas de información de la empresa como mantenimiento, medición y facturación.

- El sistema debe permitir la integración de tecnologías de internet de las cosas para el monitoreo de nuevos sensores y variables.
- Se realizará el monitoreo de un sensor de flujo Ultraflux UF811
- Se empleará un puerto de comunicaciones RS-232 o RS-485
- Se empleará un protocolo de comunicaciones Modbus o JBUS
- El sistema empleará comunicaciones 3G sobre la red de datos de los operadores de telecomunicaciones celulares
- Las características de seguridad informática se definirán con la empresa de acueducto.

Aqualink ofrecerá a las empresas de acueducto los siguientes servicios que complementan el sistema de monitoreo y control. Estos servicios facilitarán el proceso de adopción del sistema y permitirán ampliar las capacidades del mismo.

- Diagnóstico de capacidades digitales.
- Entrenamiento para mejorar las habilidades digitales.
- Apoyo para mejorar la estrategia tecnológica de la empresa de acueducto.
- Integración de datos con otros sistemas de información: monitoreo y control, mantenimiento, medición, facturación, modelado digital.
- Analítica de datos para apoyar los procesos de medición, facturación, control de pérdidas, sectorización y mantenimiento.
- Desarrollo de portales de información para clientes internos y externos.
- Proyectos de mejora de procesos.
- Proyectos de modelado digital
- Diseño y ejecución de proyectos de instrumentación y control

El sistema de monitoreo y control y la oferta de servicios adicionales constituyen la solución que Aqualink ofrecerá a las empresas de acueducto de la región Sabana Centro.

En la figura 23 se muestra la vista general del sistema y en la figura 24 se muestra la vista de la estación de recibo. En el anexo 13 se muestran las vistas del sistema SCADA. En el anexo 14 se muestra un video del funcionamiento del prototipo del sistema SCADA.

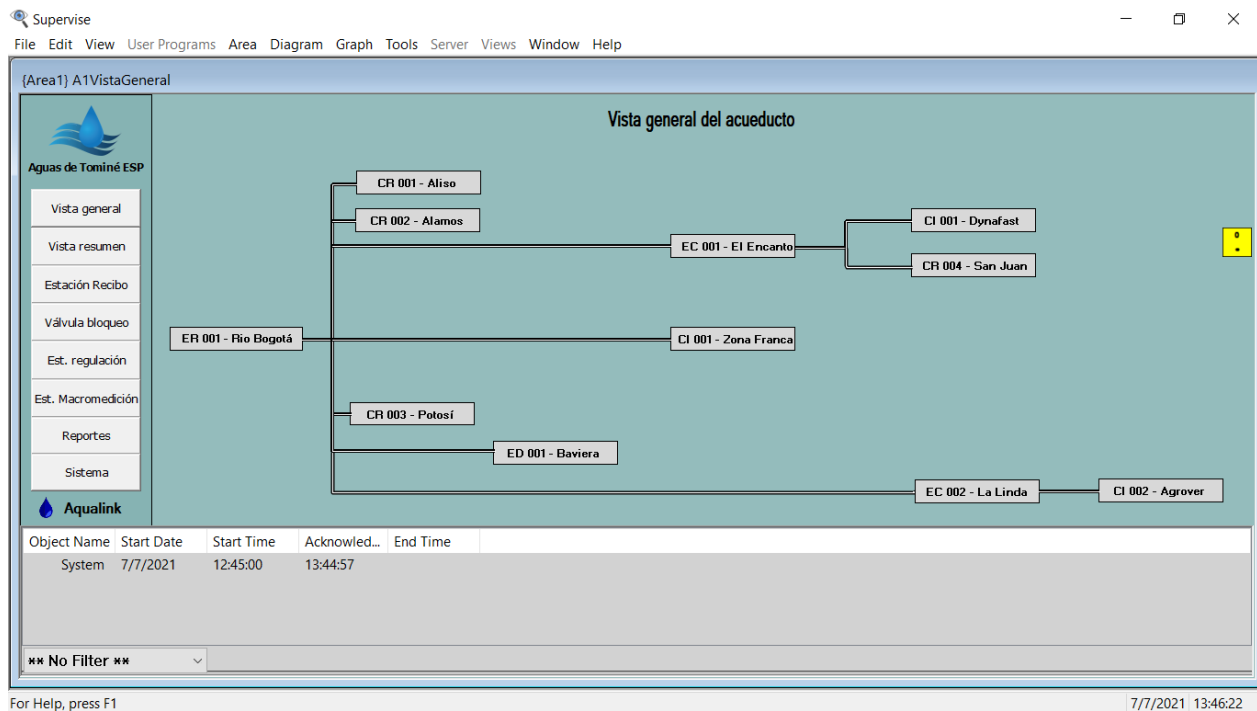


Figura 23. Vista general del sistema de monitoreo y control
 Fuente: (Software SCADA Schneider Electric, s.f.); Configuración elaboración propia

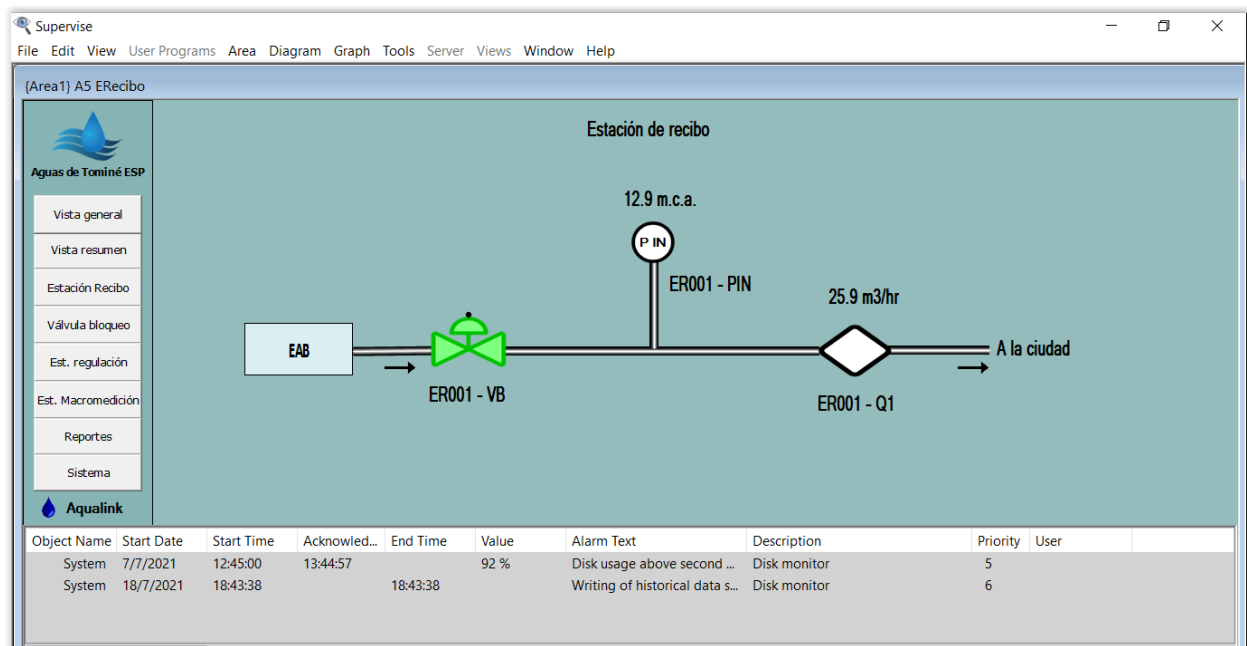


Figura 24. Vista Estación de recibo
 Fuente: (Software SCADA Schneider Electric, s.f.); Configuración elaboración propia

El uso del modelo DID Canvas, propuesto por el autor de este proyecto, permitió definir y construir una solución de monitoreo y control de la red de acueducto robusta, segura, de despliegue rápido y bajo costo que es una solución de mucha utilidad para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro y del país. La solución se entregó en funcionamiento a Aqualink, quien la ofrecerá en una fase inicial a las empresas de acueducto de la región Sabana Centro.

5. CONCLUSIONES

Los modelos para orientar el proceso de transformación digital pueden estar centrados en la estrategia de la organización como factor que impulsa el cambio tecnológico o, centrados en el cambio tecnológico como el factor que impulsa la estrategia de la organización. Estos enfoques no son excluyentes y en ambos casos la organización debe contar con buenas capacidades digitales para realizar el proceso de transformación. El proceso de transformación digital debe estar acompañado de procesos de gestión del cambio en los que se promueva el aprendizaje y crecimiento de la organización y los principios que orientan el proceso de transformación digital pueden emplearse para orientar la alineación estratégica de las soluciones digitales en la empresa.

El modelo DID Canvas propuesto por el autor de este proyecto, es una herramienta que permite orientar la alineación estratégica de las soluciones digitales, desde una perspectiva de transformación digital, considerando los aspectos estratégicos, tecnológicos y de crecimiento y aprendizaje de la organización. El modelo es de especial utilidad en empresas que cuentan con poca experiencia y conocimiento digitales porque les ayuda a identificar oportunidades de mejora a nivel estratégico y tecnológico y ayuda a incrementar la probabilidad de éxito de los proyectos digitales.

La aplicación del modelo DID Canvas propuesto en este proyecto permitió construir una solución de monitoreo y control para la red de acueducto que satisface las necesidades de las empresas de acueducto y los requerimientos de Aqualink. El sistema de monitoreo y control es de bajo costo, despliegue rápido con buenas características de seguridad y desempeño, y se puede ofrecer a las empresas de acueducto del país.

6. RECOMENDACIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

La aplicación del modelo DID Canvas a proyectos de actualización tecnológica en otras industrias puede generar nuevas ideas que permitan enriquecer el modelo propuesto en este proyecto.

Es necesario profundizar el estudio sobre la vigilancia tecnológica que tiene un impacto sobre el grado de maestría digital de la organización y como puede este factor mejorar el modelo DID Canvas.

Se propone profundizar en la investigación de aplicaciones de la tecnología NB-IoT, (internet de las cosas de banda estrecha).

A partir del trabajo realizado se identifican los siguientes proyectos que se pueden promover desde la Universidad de la Sabana:

- La Universidad de la Sabana puede crear un centro de conocimiento para apoyar los procesos de transformación digital de las empresas de la región Sabana Centro y desde allí ofrecer entrenamiento, consultoría, y herramientas como el modelo DID Canvas desarrollado en este proyecto.
- Se puede promover desde la Universidad de la Sabana, la creación de una herramienta en línea para que las empresas de la región Sabana Centro puedan realizar un autodiagnóstico de sus capacidades digitales. Los resultados de estos diagnósticos pueden ayudar a que la Universidad identifique necesidades y ofrezca capacitación y asesorías dirigidas a las empresas de la región Sabana Centro.
- Desde la Universidad de la Sabana se pueden identificar proyectos de actualización tecnológica que sean de interés para las organizaciones de la región Sabana Centro, de tal forma que equipos de desarrollo al interior de la Universidad propongan proyectos ágiles de emprendimiento, desarrollen las soluciones y las ofrezcan a las organizaciones de la región Sabana Centro.
- Desde la Universidad de la Sabana se puede proponer un proyecto para evaluar, el sistema que tiene la CAR para realizar el monitoreo del nivel del río Bogotá. De esta evaluación pueden surgir varios proyectos de actualización tecnológica, como:
 - Monitoreo de calidad de agua del río Bogotá desde su nacimiento hasta la Universidad de la Sabana.

- Monitoreo de pluviosidad de la cuenca del río Bogotá para crear modelos predictivos de aumento del nivel de agua del río Bogotá.
- Creación de un portal web para presentar el estado del río a la comunidad.
- Se puede crear desde la Universidad de la Sabana una línea de trabajo para evaluar cómo se puede realizar la mejora de la eficiencia energética y operativa de los acueductos de la región Sabana Centro propuesta en el RAS. Las conclusiones que se obtengan pueden servir para la revisión del RAS que está prevista para el año 2022.
- Se puede investigar acerca de las nuevas posibilidades de medición de variables que se generan con la tecnología NB- IoT, (internet de las cosas de banda estrecha), que se encuentra en etapa de pruebas en los operadores de comunicaciones celulares. De este trabajo pueden surgir varios proyectos como:
 - Crear en la Universidad de la Sabana una línea de trabajo NB-IoT y en alianza con las empresas de telecomunicaciones móviles, construir un laboratorio para desarrollar proyectos y aplicaciones de esta nueva tecnología.
 - Definición de un sistema de tele-medida y facturación del consumo de agua de clientes residenciales, para las empresas de acueducto de la región Sabana Centro.
 - Diseño de un registrador que permita integrar las lecturas de los medidores de energía, agua y gas para poner la información de consumo a disposición de las empresas de servicios públicos y de los usuarios.
 - Diseño de un terminal de información, empleando tecnología NB-IoT, que permita a los usuarios industriales y residenciales tener lecturas e indicadores del consumo de agua en tiempo real.
 - Diseño de sistemas de monitoreo y control de riego, empleando tecnología NB-IoT, para proyectos agroindustriales de la región Sabana Centro.
 - Como la tecnología del NB-IoT puede servir para medir variables y construir indicadores relacionados con el objetivo de desarrollo sostenible No. 6 de la ONU (Agua limpia y saneamiento).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriole, S., Cox, T., & Khin, K. (2018). *The innovators imperative*.
- Bockshecker, A., & Hackstein, S. (2018). Systematization of the term digital transformation and its phenomena from a socio-technical perspective. *Research papers*, 43-48.
- Brans, J., & Mareschal, B. (2005). *Promethee Methods*. Belgium.
- Cole, R., & Scotcher, E. (2015). *Brilliant Agile Project Management*. Pearson.
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018*.
- Domínguez Torres, C., & Uribe Botero, E. (2005). *Evolución del servicio de acueducto y alcantarillado durante la última década*. Universidad de los Andes.
- Gómez Figueredo, J., & Silva Ruiz, J. (2008). *Gestión de servicios públicos*. Bogotá: Escuela superior de administración pública.
- González Alcalá, A., & Gómez Quintero, D. (2017). *Guía práctica InnoViTech : vigilancia tecnológica para la innovación*. SENA.
- Ismail. (2017). Digital business transformation and strategy: What do we know so far? *Informe*, 17.
- Jan, S., Messou, J., Lin, Y., Huang, J., & Wang, G. (. (2019). Connecting the digital and physical world: Improving the robustness of adversarial attacks. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (Vol. 33, No. 01)*, 962-969.
- Layton, M., & Morrow, D. (2018). *Scrum for dummies*. John Wiley and Sons Inc.
- Luna González, J., & Rodríguez Hurtado, M. (2013). Introducción de criterios de sostenibilidad en la elección de emplazamientos industriales mediante modelos multicriterio.
- Magro, C., Salvatella, J., Alvarez, M., Herrero, O., Paredes, A., & Velez, G. (2014). *Cultura digital y transformación de las organizaciones*.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (08 de Junio de 2017). Resolución Número 0330 . Bogotá D.C., Colombia.

- Morakanyane, R., & Grace, A. R. (2017). Conceptualizing Digital Transformation . *30th Bled Econference*, 427-443.
- ONU. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de 6. Agua limpia y saneamiento: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Pacheco Espejel, A., & Cruz Estrada, M. C. (2006). *Metodología crítica de la investigación*.
- Palomo Zurdo, R., Fernández Barberís, G., & Gutiérrez Fernández, M. (2012). *La decisión multicriterio y su aplicación en la clasificación de los bancos cooperativos*. Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA.
- Reis, J., Melao, O., & Matos, K. (2018). Digital transformation. *World conference on information systems*, 411-421.
- Rogers, D. L. (2016). *The digital transformation playbook*.
- Saaty, T. (1994). *How To Make A Decision: The Analytic hierarchy process*.
- Schneider Electric. (2020). *Definition User Guide IGSS Version 15.0*.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. Creative commons.
- Software SCADA Schneider Electric. (s.f.). *Software SCADA Schneider IGSS*. Obtenido de <https://igss.schneider-electric.com/download/>
- Song, B., & Kang, S. (2016). A method of assigning weights using a ranking and nonhierarchy comparison. *Advances in Decision Sciences, Gale Academic Onefile*.
- Sow, M., & Aborbie, S. (2018). Impact of leadership on digital transformation. *Business and Economic Research*, 8(3), 139-148.
- Stone, S. M. (2019). *Digitally Deaf*. Denver, NC, USA: Springer.
- Sutherland, J., & Schwaber, K. (2014). *Scrum*. Barcelona, España: Planeta S.A.
- Ultraflux. (s.f.). *Ultraflux.net*. Obtenido de <https://www.ultraflux.net/en/products/flowmeters-for-liquids-full-pipes/uf-811/>

Visual Promethee. (2011-2014). *Promethee-Gaia.net*. Obtenido de <https://www.promethee-gaia.net/software.html>

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. *Harvard Business Press*.

ANEXOS

A. **ANEXO 1. Guías y notas de las entrevistas semiestructuradas**

Nombre del archivo: A1 Entrevistas semiestructuradas.pdf

<https://drive.google.com/file/d/1hDW77J3SSU81oxA-rKud6dsxMraO39eR/view?usp=sharing>

B. **ANEXO 2. Guías y notas de observación directa**

Nombre del archivo: A2 Guía de observación directa.pdf

https://drive.google.com/file/d/1glX2vjSKPPgOgDIOY_5WAjNEIIXD0j0m/view?usp=sharing

C. **ANEXO 3. Tableros DID Canvas**

Nombre del archivo: A3 Tableros DID Canvas.pdf

https://drive.google.com/file/d/1E6FmgHImhHHanNf5NVPGVGjhjAcj3_K2/view?usp=sharing

D. **ANEXO 4. Guías de orientación para el desarrollo del modelo DID Canvas**

Nombre del archivo: A4 Guias de orientacion – DID Canvas.pdf

<https://drive.google.com/file/d/1ZsGnbdqGMugqT-myojBXklPWoljQkl7U/view?usp=sharing>

E. **ANEXO 5. Secuencia de desarrollo del modelo DID Canvas**

Nombre del archivo: A5 Did Canvas – Secuencia de desarrollo.pdf

<https://drive.google.com/file/d/1fGLY43fwlE9wzaT9LcgC3QrX7sA4NPtI/view?usp=sharing>

F. **ANEXO 6. Matriz de comparación de criterios y cálculo de la matriz de ponderación**

Nombre del archivo: A6 Matriz de ponderacion de criterios.xlsx

https://drive.google.com/file/d/1qFyDEhv_zlNscdO0LkpDalTcOVEEjpeO/view?usp=sharing

G. **ANEXO 7. Archivo de configuración del modelo Promethee-Gaia en formato vpg.**

Nombre del archivo: A7 Modelo seleccion Scada.vpg

<https://drive.google.com/file/d/1kgs0UfLM9joMy8tWNfZtlrxBISv8We71/view?usp=sharing>

H. **ANEXO 8. Configuración del modelo y resultados.**

Nombre del archivo: A8 Modelo seleccion Scada.pptx

<https://drive.google.com/file/d/1Zv2tioXdlRTVVVuNQf4tghhQbPCU2Rkc/view?usp=sharing>

I. ANEXO 9. Técnica de modelización visual Gaia.

Nombre del archivo: A9 Seleccion sistema scada.mp4

<https://drive.google.com/file/d/1GoPeK-sxjnKJxCWpKINtCH6wtM5wgx8z/view?usp=sharing>

J. ANEXO 10. Historias de usuario del proyecto Scrum

Nombre del archivo: A10 Historias de usuario.pptx

<https://drive.google.com/file/d/1ISv2EYixNTRzu98-SvXEV2b8JG5WexUF/view?usp=sharing>

K. ANEXO 11. Cuadro de control del proyecto Scrum y pila del producto.

Nombre del archivo: A11 Cuadro de control de proyecto scrum.xlsm

<https://drive.google.com/file/d/1WSyTcwPRBY8qcBNBK8n6g5XJOvOXy84G/view?usp=sharing>

L. ANEXO 12. Resumen del proyecto scrum

Nombre del archivo: A12 Resumen del proyecto Scrum.pptx

<https://drive.google.com/file/d/1Yhsjj7OC9uao0DriwFj8h5GtSAu8y2ob/view?usp=sharing>

M. ANEXO 13. Vistas del sistema SCADA

Nombre del archivo: A13 Vistas Scada.pptx

https://drive.google.com/file/d/1qJ7sZzIdikK2nCKm-bmV_bd6ZeNBJUqg/view?usp=sharing

N. ANEXO 14. Video del prototipo del sistema de monitoreo y control

Nombre del archivo: A14 Video del prototipo.mp4

https://drive.google.com/file/d/1EvE15h_77xvIeFfiztftTCAYrwhk2XQX/view?usp=sharing