

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## Escuela de Posgrado



Explorando la Desviación del Alcance en Proyectos de  
Sistema de Control Distribuido en Empresas Industriales  
Peruanas

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Gestión de la  
Ingeniería que presenta:

*Juan Miguel Marroquín Cieza*

Asesor:

*Rony Martin Cabrera Donayre*

Lima, 2025


## Informe de Similitud

Yo, Rony Martin Cabrera Donayre, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) Explorando la Desviación del Alcance en Proyectos de Sistema de Control Distribuido en Empresas Industriales Peruanas, de el autor Juan Miguel Marroquín Cieza, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 11/08/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 11 de Agosto de 2025.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Cabrera Donayre Rony Martin</u>	
DNI: 72188460	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0451-8857">https://orcid.org/0000-0002-0451-8857</a>	





**Dedicatoria**

A mi esposa Karla,  
gracias por siempre creer en mí  
e impulsarme a continuar  
creciendo con determinación.

A mi amigo Néstor,  
quien también me impulsó y animó  
a perseguir este paso profesional.

## Resumen

La presente tesis tiene como objetivo analizar el proceso de desviación del alcance en proyectos de implementación de Sistemas de Control Distribuido (DCS) en el Perú. La investigación se justifica por la creciente adopción de estas tecnologías en sectores industriales críticos y la necesidad de comprender por qué estos proyectos, a pesar de su relevancia, suelen experimentar ampliaciones no planificadas del alcance.

Se empleó una metodología cualitativa basada en el estudio de casos múltiples, en la que se analizaron cuatro proyectos reales con desviaciones documentadas. Las entrevistas semiestructuradas a jefes de proyectos y especialistas permitieron identificar patrones comunes en los factores que originan estas desviaciones. El análisis de datos se realizó utilizando codificación deductiva e inductiva mediante el software Dedoose.

Los principales hallazgos revelan que las desviaciones del alcance están relacionadas con: (1) escasa participación de la alta dirección, (2) imprecisión en las especificaciones técnicas iniciales, (3) fallas en la comunicación interna entre los actores del proyecto, y (4) bajo nivel de familiaridad tecnológica con sistemas DCS por parte del personal directivo o técnico. Estos factores se ven agravados por el contexto organizacional y la limitada cultura de gestión de proyectos tecnológicos en empresas peruanas.

Finalmente, se propone un conjunto de acciones orientadas a mejorar la gobernanza de estos proyectos, destacando la necesidad de involucrar a todos los niveles de la organización y fortalecer las competencias técnicas internas.

Palabras clave: Desviación del alcance, sistemas DCS, automatización industrial, gestión de proyectos, Perú.

## Abstract

This thesis aims to analyze the process of scope deviation in Distributed Control System (DCS) implementation projects in Peru. The research is motivated by the increasing adoption of automation technologies in critical industrial sectors and the frequent occurrence of unplanned scope expansions that impact time, cost, and project outcomes.

A qualitative research approach was adopted, using a multiple case study methodology. Four DCS implementation projects with documented scope deviations were analyzed. Data collection was conducted through semi-structured interviews with project managers and technical experts. Data were processed using deductive and inductive coding strategies via Dedoose software.

The findings reveal that scope deviations are primarily caused by four interrelated factors: (1) limited involvement of senior management, (2) lack of precision in initial technical specifications, (3) deficiencies in internal communication among project stakeholders, and (4) insufficient familiarity with DCS technologies among decision-makers. These factors are further exacerbated by organizational structures and the limited project management culture in traditional Peruvian industries.

The thesis concludes by proposing a set of managerial and technical recommendations to mitigate scope deviation. These include increasing strategic involvement of upper management, improving the definition and validation of project requirements, strengthening internal communication protocols, and enhancing technical competencies within organizations involved in DCS projects.

Keywords: Scope creep, Distributed Control Systems (DCS), industrial automation, project management, Peru.

# Índice

Informe de similitud .....	ii
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
1 Introducción.....	1
1.1 Descripción del Tema .....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Objetivos .....	2
2 Marco Teórico .....	4
2.1 Sistema de Control Distribuido o DCS .....	4
2.1.1 Definición .....	4
2.1.2 Arquitectura en Sistemas DCS .....	5
2.1.3 Marcas de Sistemas DCS.....	8
2.2 Desviación del Alcance .....	9
2.2.1 Definición .....	9
2.2.2 Factores que desencadenan la desviación del alcance .....	10
2.2.3 Modelo conceptual .....	11
2.3 Enfoques teóricos complementarios a la gestión de proyectos.....	12
2.3.1 Gestión de proyectos.....	12
2.3.2 Gestión de riesgos en proyectos.....	13
2.3.3 Alineación estratégica de los proyectos .....	13
2.3.4 Capacidades organizacionales y madurez en gestión de proyectos .....	14
2.3.5 Gestión del cambio .....	14
3 Metodología .....	15
3.1 Diseño de la Investigación .....	15
3.2 Selección de los Participantes .....	16
3.2.1 Consideraciones sobre la muestra y su validez externa .....	18
3.3 Instrumento de recolección de datos.....	19
3.3.1 Justificación del instrumento de recolección de datos .....	20
3.4 Análisis de datos.....	21
3.5 Descripción de las empresas .....	25
3.5.1 Empresa 1 .....	25
3.5.2 Empresa 2 .....	25
3.5.3 Empresa 3 .....	26
3.5.4 Empresa 6.....	26
4 Resultados .....	28

4.1	Casos estudiados .....	28
4.1.1	Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 1.....	28
4.1.2	Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 2.....	29
4.1.3	Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 3.....	30
4.1.4	Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 6.....	31
4.2	Síntesis .....	32
5	Discusión.....	36
5.1	Proposición 1: La baja participación de los altos cargos de la empresa en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance .....	36
5.2	Proposición 2: Menor detalle en las especificaciones de un proyecto de implementación de DCS, genera desvío del alcance .....	36
5.3	Proposición 3: Una mala gestión de las comunicaciones internas en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance .....	37
5.4	Proposición 4: Una baja familiaridad con la tecnología DCS, genera desviación del alcance en el proyecto.....	37
5.5	Pregunta de investigación .....	37
6	Limitaciones del estudio .....	39
6.1	Limitaciones del diseño metodológico .....	39
6.2	Posible sesgo del investigador.....	39
6.3	Limitada representatividad de los casos .....	39
7	Propuesta.....	40
7.1	Matriz de acciones correctivas y preventivas.....	40
7.2	Protocolo de gobernanza para proyectos DCS.....	42
7.3	Modelo conceptual aplicado a la gestión del alcance .....	42
8	Conclusiones .....	46
9	Referencias .....	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Sistema de control DCS Siemens .....	5
Figura 2: Arquitectura de control centralizado.....	6
Figura 3: Arquitectura de control distribuida .....	6
Figura 4: Arquitectura de control Cliente – Servidor .....	7
Figura 5: Ampliación de la arquitectura de control Cliente – Servidor .....	7
Figura 6: Modelo conceptual de la desviación del alcance.....	12
Figura 7: Desarrollo de codificación en Dedoose.....	22
Figura 8: Aplicación de códigos en las entrevistas - parte 1 .....	23
Figura 9: Aplicación de códigos en las entrevistas - parte 2 .....	23
Figura 10: Flujo de la estrategia propuesta .....	44



## Índice de Tablas

Tabla 1: Componentes del estudio de caso .....	16
Tabla 2: Proyectos desarrollados por la empresa ABC con desviación del alcance .....	17
Tabla 3: Empresas que aceptaron el estudio .....	18
Tabla 4: Resumen de recolección de datos.....	19
Tabla 5: Análisis cruzado de casos recolectados.....	34
Tabla 6: Análisis cruzado de las propuestas de desviación.....	35
Tabla 7: Matriz de acciones correctivas y preventivas .....	41



# 1 Introducción

## 1.1 Descripción del Tema

La automatización industrial ha sido impulsada por las transformaciones tecnológicas lo que ha resultado en un crecimiento significativo en este sector. Según un informe reciente de MarketsandMarkets (2022), se proyecta que el valor del mercado mundial de sistemas integrados alcance los 35.5 millones de dólares para el año 2027, en comparación con los 27 millones de dólares registrados en 2022. Este aumento pronosticado refleja la creciente adopción de la automatización en la industria global.

La integración de las tecnologías de automatización industrial ha permitido mejoras sustanciales en la eficiencia, productividad y calidad en diversos procesos de fabricación. Por ejemplo, la implementación de sistemas de control avanzados y robótica colaborativa ha optimizado la producción al reducir los tiempos de ciclo y minimizar los errores (MarketsandMarkets, 2022). Entre estas tecnologías destacan los Sistemas de Control Distribuido (por sus siglas en inglés, DCS), permitiendo la supervisión y control en tiempo real de procesos complejos mediante la distribución de funciones de control a lo largo de diversas áreas de una planta. Esta estructura descentralizada optimiza la eficiencia operativa y la calidad del producto (Topcuoglu & Van de Wouw, 2023).

A nivel mundial, los DCS han transformado la industria al proporcionar plataformas integradas que facilitan la automatización de procesos, mejoran la seguridad y reducen costos operativos. Su capacidad para integrar múltiples subsistemas y adaptarse a diversas necesidades industriales los convierte en herramientas esenciales para mantener la competitividad en mercados globales (Cecílio & Furtado, 2014).

La adopción de los DCS en el Perú ha sido significativa, según López (2020) la implementación de los sistemas DCS muestran una marcada concentración en sectores donde la seguridad, la precisión y la eficiencia operativa son fundamentales. En su estudio se destacan los siguientes sectores:

- **Sector Energético:**  
Este sector representa la mayor adopción de DCS, alcanzando aproximadamente el 40% de la implementación total.
- **Sector Minero:**  
La minería peruana, debido a sus rigurosos estándares de seguridad y la complejidad operativa, concentra alrededor del 35% de las soluciones basadas en DCS, permitiendo un monitoreo y control en tiempo real que mejora la eficiencia y reduce riesgos operativos.
- **Sector Petroquímico y Refinerías:**  
En estos sectores críticos, los DCS se implementan en aproximadamente el 15% de las aplicaciones, facilitando el control de variables de proceso y garantizando operaciones seguras y estables.
- **Otros sectores industriales:**  
El resto de la participación, cercana al 10% se distribuye entre otros sectores como la industria del papel, azucarera, acuícola y otros procesos que, aunque en menor escala, requieren de un control distribuido para optimizar sus operaciones.

Por otro lado, se ha observado una inversión notable en proyectos de ciencia y tecnología en los últimos años. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la inversión

total en la Innovación tecnológica según la actividad económica ha representado el 30.8% en el sector de hidrocarburos, el 31.4% en actividades de manufactura y el 15.6% en el sector agrícola y pesca (INEI, 2020). Estos números reflejan la confianza de las empresas peruanas en los beneficios de las tecnologías de vanguardia para lograr mayores niveles de eficiencia y rentabilidad.

En este contexto de desarrollo tecnológico y económico, la gestión de proyectos en implementación de DCS resulta vital para garantizar su éxito y maximizar el impacto de las inversiones realizadas. Una de las etapas importantes en la gestión de este tipo de proyectos es la definición del alcance del proyecto.

La falta de claridad en el alcance del proyecto puede desencadenar malentendidos, cambios frecuentes en los requisitos y conflictos entre el proveedor y el cliente, lo que puede definirse como desviación del alcance y resultar en una extensión del cronograma del proyecto, siendo esta una de sus principales consecuencias. Según Komal et al. (2020), los proyectos no solo requerirán más tiempo debido al esfuerzo adicional directo para proporcionar funcionalidades adicionales, sino también porque el proyecto se estancará durante la definición de los nuevos requisitos. Esta situación puede derivar en un aumento de los costos, dado el necesario retrabajo, retrasos en la entrega del proyecto y una disminución en la calidad de la solución final.

En conclusión, esta tesis se propone abordar la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú, con el objetivo de mejorar la comprensión de este problema y brindar recomendaciones prácticas para su gestión efectiva.

## 1.2 Planteamiento del Problema

Existe una escasez de investigaciones que aborden la relación entre los conceptos de desviación del alcance y proyectos de tecnología de automatización industrial, específicamente sobre sistemas DCS. La mayoría de los estudios existentes se centran en áreas como tecnologías de software (Parisi, M. 2011), proyectos de construcción (Amoatey, C.; Anson, B., 2017) y diseño de aeronaves militares (Barbosa, G.; Carvalho, J.; Filho, E., 2014). Sin embargo, las tecnologías de automatización presentan características distintas, como complejidad tecnológica, dependencia de la tecnología, capacidad de crecimiento potencial, altos costos de tecnología de vanguardia, elementos de software y hardware, facilidad de mantenimiento, nivel de seguridad de los datos y recopilación y análisis de datos críticos en procesos de manufactura (Kalpakjian, S; Schmid, S.R., 2013).

Además, la investigación se centra en el contexto peruano cuyo modelo de crecimiento económico adoptado aún sigue basándose en las exportaciones extractivas, la agroindustria y la producción de manufacturas no tradicionales, el cual parece ser que no es sostenible en el siglo XXI (Seclén, JP, 2015). En la literatura se centran en países desarrollados y la aplicación de sus resultados no es comparable con un contexto en desarrollo como el peruano.

Por lo que la pregunta de investigación es:

*¿Cómo y por qué ocurre la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú?*

## 1.3 Objetivos

El objetivo general de la presente investigación es:

- Analizar el proceso de desviación del alcance en proyectos de implementación de Sistemas de Control Distribuido (por sus siglas en inglés, DCS) en el Perú.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar un estudio teórico de la Desviación del Alcance en Gestión de Proyectos y Sistemas DCS.
- Conocer los factores que desencadenan la Desviación del Alcance de los proyectos de implementación de Sistemas DCS.
- Elaborar una propuesta para evitar la Desviación del Alcance en proyectos de implementación de DCS.



## 2 Marco Teórico

### 2.1 Sistema de Control Distribuido o DCS

#### 2.1.1 Definición

En la década de los años 70, se introdujeron los microprocesadores y las memorias semiconductoras en los autómatas, lo que proporcionó una mayor flexibilidad al sistema de control. Este avance marcó el inicio de una nueva era en la automatización industrial (Katzel, 2012). En ese mismo periodo, surgieron los primeros sistemas de control distribuido, los cuales operaban con señales analógicas y se integraban en paralelo con los controladores lógico programable (PLC), encargados del control discreto (Astrom & Kumar, 2014). Los DCS permitieron una mayor supervisión y control de procesos industriales en tiempo real, optimizando la eficiencia operativa (Trentesaux, 2017).

Más adelante, aparecieron los sistemas de control basados en computadora (PC), los cuales mejoraron las opciones al combinar funcionalidades avanzadas con los PLCs, como la conectividad de bases de datos, el control analógico, la simulación y la comunicación de datos con terceros (López, 2011). Este avance tecnológico permitió una mayor integración de sistemas y la aplicación de software especializado que facilitó la automatización de procesos industriales complejos.

El desarrollo del control distribuido fue impulsado por el avance de los microprocesadores, los microcontroladores y los controladores lógicos programables (López, 2011). Un Sistema de Control Distribuido es utilizado en procesos industriales complejos en diversas industrias de gran escala, como la petroquímica, papelera, metalúrgica, generación de energía, tratamiento de aguas, manufactura e industria farmacéutica (Villalba, 2019).

Según Yokogawa Electric Corporation, una de las empresas líderes del mercado de los DCS, estos sistemas son plataformas para automatizar el control y operación de una planta o proceso industrial, combinando elementos como interfaz hombre-máquina (HMI), PLCs, sistemas históricos, bases de datos comunes, administración de alarmas y una estación común de ingeniería (Yokogawa Co., 2023).

Los DCS presentan características fundamentales como escalabilidad, modularidad, transparencia en la integración de datos y tolerancia a fallas. Estas capacidades se lograron gracias a la incorporación de buses de campo y redes locales industriales (López, 2011; Villalba, 2019). Entre las arquitecturas de DCS más comunes se encuentran las de jerarquía escalonada, que permiten la distribución de las funciones de control en diferentes niveles, y las de anillo redundante, que incrementan la fiabilidad del sistema (Pavlović & Stojić, 2022).

Actualmente, algunas de las marcas más reconocidas en el mercado de sistemas DCS incluyen a Siemens con su plataforma SIMATIC PCS 7, Rockwell Automation con PlantPAx, ABB con 800xA, Emerson con DeltaV y Yokogawa con CENTUM VP. Estas plataformas representan soluciones integrales que garantizan alta disponibilidad y eficiencia en procesos industriales complejos (MarketsandMarkets, 2022).

Siemens SIMATIC PCS 7 es un ejemplo que sistemas DCS que destacan por su capacidad de integración total, ofreciendo una solución completa de ingeniería que permite el control de procesos continuos y discretos. Este sistema proporciona una alta disponibilidad, redundancia y seguridad, lo que lo hace ideal para aplicaciones en industrias como la química, la energía y el tratamiento de aguas. Además, SIMATIC PCS 7 facilita la digitalización de plantas industriales

mediante la integración con herramientas de simulación y gemelos digitales, lo que optimiza el rendimiento y reduce tiempos de inactividad (Pavlović & Stojić, 2022).

En la figura 1 se observa una arquitectura de control basado en SIMATIC PCS7

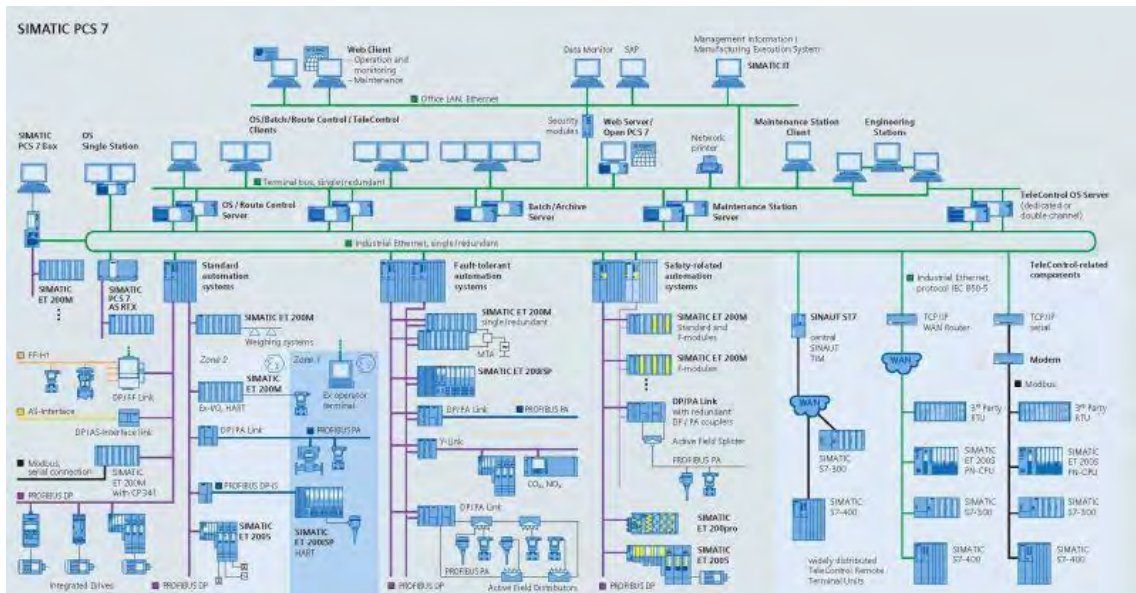


Figura 1: Sistema de control DCS Siemens

Fuente: SIMATIC PCS7 Standard Architectures

### 2.1.2 Arquitectura en Sistemas DCS

Existen diversas arquitecturas que se pueden implementar en un sistema de control distribuido, cada una diseñada para optimizar aspectos como la escalabilidad, la redundancia, la comunicación y la robustez del sistema. A continuación, se detalla cada una de las arquitecturas que se pueden implementar:

#### 2.1.2.1 Arquitectura Centralizada

También llamada Arquitectura Single Station. En este modelo, la toma de decisiones y el procesamiento se concentran en una unidad central que se comunica con todos los dispositivos de campo. Aunque tradicional, presenta limitaciones en escalabilidad y redundancia, ya que un fallo en la unidad central puede afectar todo el sistema (Bolton, 2015; Groover, 2010).

En la Figura 2 se muestra el diseño de la arquitectura de control centralizada.

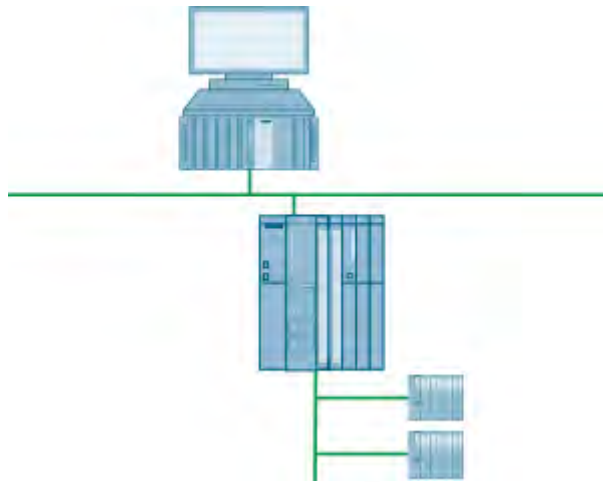


Figura 2: Arquitectura de control centralizado

Fuente: SIMATIC PCS7 Standard Architectures

### 2.1.2.2 Arquitectura Distribuida o Multiusuario

Aquí, el procesamiento y la toma de decisiones se reparten entre múltiples controladores o nodos, lo que mejora la tolerancia a fallos y la escalabilidad, permitiendo que cada nodo gestione procesos locales de manera autónoma (Bolton, 2015; Groover, 2010).

En la figura 3, se muestra el diseño de la arquitectura de control distribuida o multiusuario.

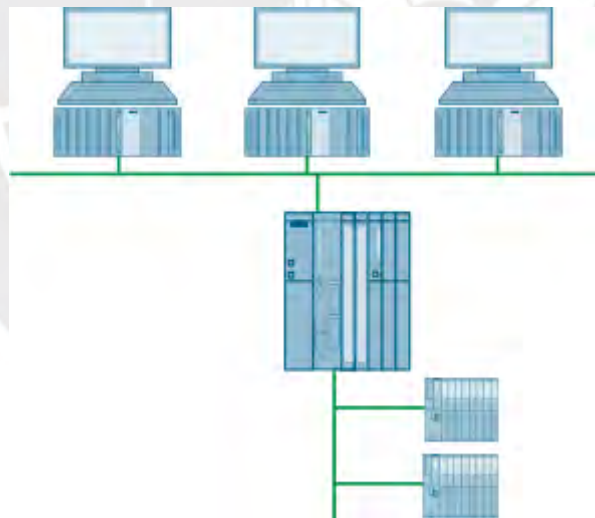


Figura 3: Arquitectura de control distribuida

Fuente: SIMATIC PCS7 Standard Architectures

### 2.1.2.3 Arquitectura Cliente - Servidor

Se trata de estaciones de operador conectados a una estación que funciona de enlace con los controladores de campo que permiten la monitorización y coordinación global del sistema. Este enfoque facilita el mantenimiento, el modularidad y la integración de nuevas tecnologías (Groover, 2010).

En la figura 4, se observa la arquitectura de control de un sistema Cliente – Servidor.

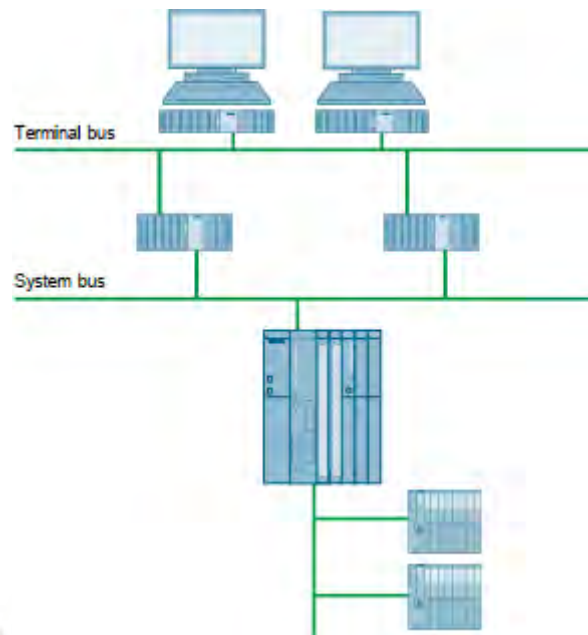


Figura 4: Arquitectura de control Cliente – Servidor

Fuente: SIMATIC PCS7 Standard Architectures

Este tipo de arquitectura puede escalarse en múltiples estaciones servidores simples o redundantes, con múltiples clientes de operación y clientes web, que facilita la adaptabilidad a las necesidades de las industrias.

En la figura 5, se puede observar como la arquitectura Cliente – Servidor puede crecer dependiendo de las necesidades de automatización que se requieran.

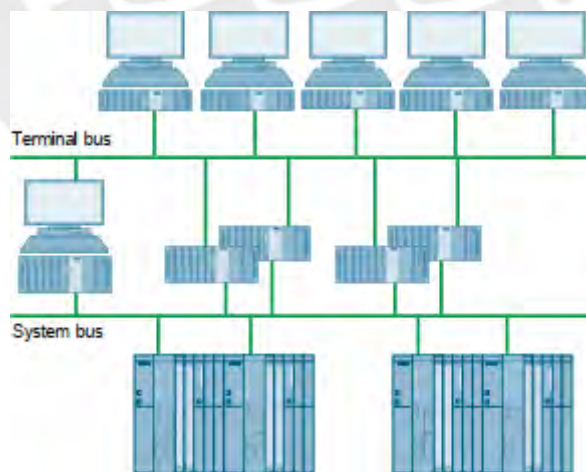


Figura 5: Ampliación de la arquitectura de control Cliente – Servidor

Fuente: SIMATIC PCS7 Standard Architectures

### 2.1.3 Marcas de Sistemas DCS.

A continuación, se presentan descripciones detalladas de las principales marcas de sistemas de control distribuido a nivel mundial, destacando sus respectivas soluciones:

#### 2.1.3.1 *Siemens – Simatic PCS7*

Siemens es reconocida globalmente por su amplia gama de soluciones en automatización industrial. Su sistema DCS, SIMATIC PCS 7, es una plataforma integral diseñada para la automatización de procesos en industrias como la petroquímica, la energía, y la farmacéutica. Sus características clave incluyen:

- **Integración y Flexibilidad:** Permite la integración de diversos dispositivos y sistemas, facilitando la unificación de procesos y la comunicación entre diferentes niveles de la planta.
- **Escalabilidad y Redundancia:** Su arquitectura modular permite adaptarse a diferentes escalas de operación, asegurando la continuidad del proceso mediante configuraciones redundantes.
- **Interfaz Intuitiva:** Ofrece herramientas de visualización avanzadas y sistemas de gestión de alarmas que facilitan la monitorización en tiempo real y la toma de decisiones.

#### 2.1.3.2 *Rockwell Automation – PlantPAx*

Rockwell Automation se destaca por integrar hardware y software en soluciones de automatización. Su sistema DCS, PlantPAx, ofrece una plataforma unificada que abarca tanto el control de procesos como la ejecución de operaciones en tiempo real. Sus puntos fuertes incluyen:

- **Integración Operacional:** Combina el control de procesos con la gestión de la producción, lo que permite una visión integral del proceso productivo.
- **Arquitectura Abierta:** Facilita la integración con otros sistemas empresariales y de TI, promoviendo una transición fluida entre la automatización y la gestión de la información.
- **Escalabilidad y Seguridad:** Su diseño modular permite la ampliación del sistema según las necesidades de la planta, manteniendo altos niveles de seguridad y confiabilidad.

#### 2.1.3.3 *ABB – System 800xA*

ABB es reconocida por su innovación en automatización industrial, y su sistema DCS, System 800xA, es ampliamente utilizado en industrias de alta exigencia, como la minería, la generación de energía y la industria petroquímica. Sus características principales son:

- **Integración y Convergencia:** Combina el control de procesos con funciones de seguridad, gestión de activos y automatización de tareas, lo que permite una operación centralizada y coordinada.
- **Arquitectura Abierta y Escalable:** Facilita la integración con una amplia gama de dispositivos y aplicaciones, permitiendo la expansión y adaptación del sistema conforme a los requerimientos operativos.
- **Optimización en la Toma de Decisiones:** Gracias a su interfaz intuitiva y capacidades avanzadas de análisis de datos, proporciona información en tiempo real que mejora la eficiencia y la seguridad de los procesos.

## 2.2 Desviación del Alcance

### 2.2.1 Definición

En el ámbito de la gestión de proyectos de automatización industrial, los proyectos generalmente se evalúan por tres limitaciones: costo, tiempo y calidad. Un proyecto exitoso y eficiente es aquel que logra sus objetivos dentro del presupuesto, a tiempo y de acuerdo con los estándares, mientras satisface al cliente (Ferrada y Serpell, 2013). La gestión del alcance del proyecto es la mejor solución para eliminar cualquier ambigüedad e incertidumbre en los proyectos (Tsiga et al., 2017). Por lo tanto, la definición precisa del alcance del proyecto desempeña un papel fundamental para su éxito. Este alcance en proyectos de diferente disciplina se refiere a los límites y las fronteras del proyecto, estableciendo qué se incluye y qué se excluye dentro del marco de trabajo.

La definición del alcance implica identificar y comprender detalladamente los objetivos y requerimientos del sistema, así como los límites y restricciones asociados (PMI, 2017). Esto implica una cuidadosa planificación y análisis para garantizar que todas las actividades necesarias para alcanzar los resultados deseados se encuentren dentro del alcance del proyecto, y que no se incluyan elementos superfluos o que excedan las capacidades y recursos disponibles. Gurlen, S. (2003) publicó que, cuando el alcance de un proyecto no está claramente definido originalmente, pueden surgir muchos malentendidos sobre lo que se debe lograr o cómo se logrará, lo que lleva al proyecto en direcciones no deseadas y resulta en una desviación del alcance.

Muchos autores han definido la distorsión del alcance de manera diferente. Hussain, O. (2012) planteó que la desviación del alcance es un cambio que ocurre de manera lenta y extraoficial, sin cambiar las fechas de vencimiento ni hacer ajustes al presupuesto, o la tendencia de un proyecto a extenderse más allá de sus límites iniciales. Gurlen, S. (2003) sugirió que el aumento del alcance representa el cambio o el crecimiento del alcance del proyecto o la presión para entregar más de lo que se acordó originalmente. El Project Management Institute (2017) identificó el desplazamiento del alcance como la expansión incremental del alcance del proyecto, por ejemplo, a través de solicitudes de trabajo adicionales sin el necesario reajuste del costo o el cronograma. Finalmente, Helms (2012) afirmó que la fluencia del alcance es el nombre peyorativo que se le da al proceso natural mediante el cual los clientes descubren lo que realmente quieren. Según este autor, la mayoría de los gerentes de proyecto hacen todo lo posible para descubrir lo que quieren los clientes al comienzo del proyecto mediante reuniones, cuestionarios y entrevistas personales y, aun así, la experiencia más común para los desarrolladores que entregan un producto final es la insatisfacción del cliente.

En conclusión, existen diversas definiciones de la desviación del alcance, cada una de ellas aportando una perspectiva única sobre este fenómeno. Autores como Hussain y Gurlen han enfatizado en los cambios inesperados, la extensión no planificada y el crecimiento del alcance como formas de desviación del alcance. El Project Management Institute ha identificado el desplazamiento del alcance como la expansión incremental sin ajustes correspondientes en el costo y el cronograma. Por otro lado, Helms sugiere que la desviación del alcance es un proceso natural a medida que los clientes descubren sus verdaderas necesidades, aunque esto pueda generar insatisfacción.

Para el desarrollo de esta tesis, se tomarán en consideración las definiciones proporcionadas por el Project Management Institute y Helms, ya que brindan una perspectiva completa y complementaria sobre la desviación del alcance de los proyectos. Estas definiciones permitirán

un enfoque integral al analizar los factores que causan la desviación del alcance y proponer estrategias efectivas para gestionarla de manera adecuada.

### 2.2.2 Factores que desencadenan la desviación del alcance

La literatura hace referencia a las causas más comunes que influyen en la desviación del alcance de un proyecto como: Complejidad del proyecto, Incertidumbre, Tareas, Especificaciones, Riesgo, Comunicación, Clientes finales y Tecnicidad (Ajmal, Mian; Khan, Mehmood; Al-Yafei, Hanan, 2019).

#### 2.2.2.1 Participación de altos cargos.

Directores ejecutivos delegan su rol de toma de decisiones sobre temas tecnológicos a la gerencia media, entregando así su control sobre un aspecto crítico de su negocio. Esta participación limitada de la alta gerencia puede ser una razón importante por la cual se percibe que las funciones tecnológicas están significativa y crónicamente subfinanciadas. (Martin et al., 1995)

Los datos muestran la importancia de que la alta dirección supervise el proceso, mediante el cual se crean las definiciones del proceso. Esta dimensión se describió con frecuencia como un "factor de higiene" y hubo ejemplos frecuentes de altos directivos que impedían el proceso de definición del proceso al no proporcionar información o al no proporcionar legitimidad a los esfuerzos de desarrollo emergentes. Esta dimensión se ha destacado en trabajos más generales sobre desarrollo de procesos, pero también en la literatura sobre el desarrollo de productos. (Khazanchi, Lewis & Boyer, 2007). Por lo que propongo la siguiente proposición:

*Proposición 1: La baja participación de los altos cargos de la empresa en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance.*

#### 2.2.2.2 Precisión en las Especificaciones del Proyecto

El propósito del proceso de requisitos y especificaciones es capturar las necesidades del negocio para el proyecto a realizar (Daniels, L. 2000). Al contar con todos los requisitos del usuario debidamente documentados se logrará una gestión del alcance integral (Dekkers, D.; Forselius, P. 2007).

Jia & Capretz (2017) señalaron que la naturaleza compleja de la tecnología y el conocimiento y la experiencia limitados de los usuarios generaban dificultades en la especificación por parte de los usuarios de sus requisitos técnicos, si no había una estrecha participación de los clientes.

Para lograr reducir la complejidad del proyecto, resulta beneficioso dedicar mayor tiempo a la recopilación de las necesidades de los clientes (Alami, A. 2016). Por lo tanto, es importante mantener la especificación de requisitos actualizada y aprobada por las respectivas partes interesadas (Kumari, N.; Pillai, A.S. 2014 y Alami, A. 2016). Por lo tanto, la siguiente proposición es planteada:

*Proposición 2: Menor detalle en las especificaciones de un proyecto de implementación de DCS, genera desvío del alcance.*

#### 2.2.2.3 Comunicación interna

El factor que tiene mayor influencia sobre el éxito o el fracaso de un proyecto es la comunicación de las tareas (Phua, F.T.T. 2005).

A menudo se hace referencia a la comunicación como un componente crucial de la capacidad de absorción de una organización, en el sentido de que la transferencia de conocimiento se

acelera significativamente por la interacción entre el entorno externo y la organización, así como por la interacción multifuncional entre las subunidades de la organización y la organización misma a través de contactos frecuentes (Daghfous, 2004).

La comunicación facilita la creación de proyectos, une a los directores de proyectos y las partes interesadas del proyecto para dar forma al alcance del proyecto (Winter et al., 2006).

La literatura atribuye a las brechas en la comunicación entre las partes interesadas del proyecto como la causa de una definición deficiente del proyecto (Integrated Management Systems, 2007). Por lo tanto, tener una comunicación fluida y rápida asegura un mejor control sobre el alcance del proyecto (Ziek, P; Anderson, J.D., 2015).

Al establecer un plan de comunicación apropiado para el proyecto, se facilitará la transmisión de intereses y necesidades por las partes interesadas, lo cual resultará en una mejora del rendimiento general del proyecto. (Integrated Management Systems, 2007). Por lo que, se formula la siguiente proposición:

*Proposición 3: Una mala gestión de las comunicaciones internas en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance.*

#### 2.2.2.4 Familiaridad con la tecnología

La participación activa en las actividades internas permite a las personas comprender los principios que tiene la tecnología (Bell, 1984). En el ámbito de los proyectos industriales, esta comprensión resulta crucial para anticipar y gestionar adecuadamente los desafíos técnicos que surgen durante su ejecución (Lall, 1992). Cuando quienes lideran o toman decisiones carecen de familiaridad con las tecnologías involucradas, es más probable que se generen desalineaciones entre las expectativas iniciales y los resultados obtenidos (Dahlman, Ross-Larson y Westphal, 1987).

La capacidad para identificar y mitigar riesgos técnicos está directamente relacionada con el nivel de conocimiento acumulado sobre las soluciones tecnológicas implementadas (Pavitt, 1987). Esta capacidad no se construye de manera instantánea ni exclusivamente a través de manuales o capacitaciones formales, sino mediante la experiencia práctica y la interacción constante con los sistemas productivos (Kim, 1997). En este sentido, los proyectos se ven afectados cuando los responsables del cliente no poseen una base sólida para interpretar y participar activamente en las decisiones técnicas (Enos, 1991).

Las desviaciones de alcance no solo surgen por fallas en la planificación, sino también por la incapacidad de alinear las soluciones tecnológicas con las necesidades reales del proceso, lo cual requiere un dominio mínimo de los fundamentos de operación y de las implicancias de cada decisión técnica (Perez & Freeman, 1988). Así, la familiaridad tecnológica no es un atributo opcional, sino un componente esencial en la gestión efectiva de proyectos industriales (Lall, 1992). Por ende, la siguiente proposición es formulada.

*Proposición 4: Una baja familiaridad con la tecnología DCS, genera desviación del alcance en el proyecto.*

#### 2.2.3 Modelo conceptual.

En el marco teórico de esta tesis se identifican cuatro factores principales que explican la desviación del alcance en proyectos de implementación de Sistemas de Control Distribuido (DCS). El primero es la baja participación de los altos cargos, lo cual genera desalineación entre los objetivos estratégicos y técnicos del proyecto. Esta falta de involucramiento limita la

supervisión, la asignación oportuna de recursos y la legitimidad de las decisiones (Martin et al., 1995; Khazanchi et al., 2007).

El segundo factor es la precisión insuficiente en las especificaciones técnicas, especialmente relevante en proyectos de alta complejidad tecnológica. La literatura destaca que una definición ambigua de requerimientos genera retrabajos, cambios no planificados y ampliaciones del alcance (Daniels, 2000; Jia & Capretz, 2017; Alami, 2016; Kumari & Pillai, 2014).

El tercer factor es la mala gestión de la comunicación interna, que impide una coordinación efectiva entre áreas técnicas, directivas y disciplinas del proyecto. Las deficiencias comunicacionales afectan la definición del alcance, provocan malentendidos y retrasos (Phua, 2005; Daghfous, 2004; Integrated Management Systems, 2007; Ziek & Anderson, 2015).

El cuarto factor es la baja familiaridad con la tecnología DCS, lo que limita la capacidad de los equipos para anticipar riesgos, evaluar propuestas técnicas y tomar decisiones informadas. Este desconocimiento incrementa la dependencia de terceros y expone al proyecto a fallos en su ejecución (Bell, 1984; Lall, 1992; Kim, 1997; Perez & Freeman, 1988).

Estos factores operan de forma interrelacionada, y su presencia conjunta contribuye significativamente a la desviación del alcance en los proyectos analizados (véase la Figura X).

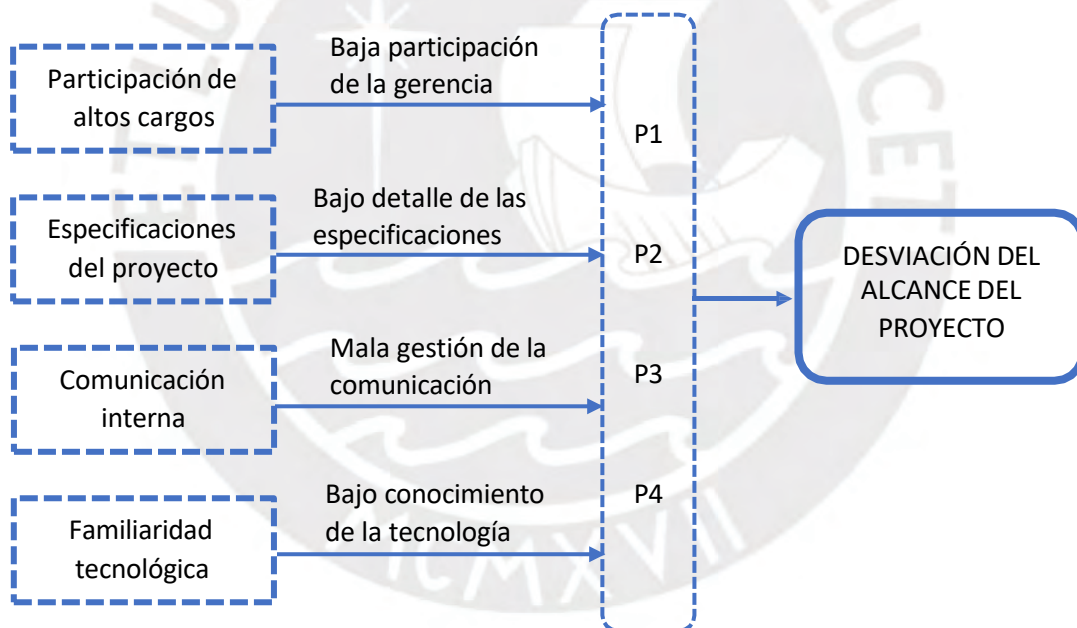


Figura 6: Modelo conceptual de la desviación del alcance

## 2.3 Enfoques teóricos complementarios a la gestión de proyectos

### 2.3.1 Gestión de proyectos

El PMBOK® Guide en su séptima edición (PMI, 2021) representa un cambio sustancial en la forma de entender la gestión de proyectos, pasando de un enfoque prescriptivo basado en procesos hacia un enfoque basado en principios. Esta evolución responde a la necesidad de adaptarse a entornos dinámicos, complejos y de rápida transformación, como aquellos asociados a la automatización industrial y los sistemas DCS.

El estándar identifica 12 principios fundamentales de gestión de proyectos, entre los que destacan: la orientación al valor, la colaboración con los interesados, la adaptación al contexto, la responsabilidad y la toma de decisiones informada. Estos principios no constituyen reglas fijas, sino guías que deben adaptarse según la naturaleza y el contexto del proyecto.

Además, se presentan ocho dominios de desempeño que representan áreas críticas de enfoque a lo largo del ciclo de vida del proyecto: interesados, equipo, enfoque de desarrollo y ciclo de vida, planificación, trabajo del proyecto, entrega, medición y manejo de la incertidumbre. Cada dominio aporta prácticas que permiten gestionar de forma holística el proyecto, integrando factores técnicos, humanos y organizacionales.

En esencia, esta guía enfatiza que la gestión de proyectos debe centrarse en la entrega de resultados que generen valor sostenible para la organización y los interesados, y no solo en la finalización de actividades dentro del presupuesto y cronograma previstos. Séptima edición de la Guía del PMBOK plantea un enfoque basado en principios, reconociendo que la gestión de proyectos debe ser flexible y adaptativa al contexto organizacional. En lugar de procesos rígidos, el estándar enfatiza principios como liderazgo colaborativo, compromiso con los interesados, enfoque en el valor entregado y adaptabilidad continua. Asimismo, presenta ocho dominios de desempeño, entre los que destacan: gestión de interesados, trabajo del equipo, planificación, medición del rendimiento y gestión de la incertidumbre (PMI, 2021).

### 2.3.2 Gestión de riesgos en proyectos

La gestión del riesgo, según el PMI (2021), debe considerarse como un proceso iterativo y proactivo que busca anticipar, responder y controlar los factores inciertos que puedan afectar el desarrollo del proyecto. El riesgo se define como un evento o condición incierta que, de ocurrir, puede tener un efecto positivo o negativo sobre uno o más objetivos del proyecto. Este enfoque reconoce tanto las amenazas como las oportunidades.

La gestión efectiva del riesgo implica realizar un análisis cualitativo y cuantitativo, desarrollar planes de respuesta, asignar responsables y establecer mecanismos de seguimiento. En proyectos de alta complejidad técnica, como los de sistemas DCS, donde existen incertidumbres vinculadas al entorno operativo, tecnología, requisitos de integración y proveedores, una gestión de riesgos robusta es crítica para el éxito.

Kerzner (2017) complementa esta visión afirmando que la gestión de riesgos debe integrarse en la cultura organizacional. Destaca que los proyectos exitosos desarrollan una actitud preventiva, en la que los riesgos no solo se identifican tempranamente, sino que se gestionan en relación con la tolerancia al riesgo de la organización. En el contexto del PMBOK, la gestión del riesgo es entendida como un proceso sistemático que permite anticipar eventos inciertos y establecer respuestas para mitigar amenazas o aprovechar oportunidades. Este proceso debe integrarse desde la fase de planificación del proyecto y mantenerse activo durante toda su ejecución. La identificación proactiva de riesgos y su tratamiento oportuno incrementa notablemente la probabilidad de éxito del proyecto (PMI, 2021).

### 2.3.3 Alineación estratégica de los proyectos

Uno de los pilares de la gestión moderna de proyectos es su conexión con la estrategia organizacional. El PMI (2021) establece que los proyectos deben estar alineados con los objetivos estratégicos de la organización, asegurando que los recursos asignados contribuyan a la creación de valor sostenible. La selección y priorización de proyectos, por tanto, debe estar

guiada por la capacidad de estos de fortalecer la posición competitiva, mejorar procesos o generar innovación.

Kerzner (2017) insiste en que los proyectos no pueden gestionarse como unidades aisladas; más bien, deben formar parte de un portafolio estratégico supervisado por la alta dirección. La gobernanza del proyecto, en este sentido, debe incluir mecanismos de control estratégico, revisión de beneficios y ajuste dinámico de objetivos según el entorno.

Un proyecto estratégicamente alineado no solo cumple su propósito técnico, sino que maximiza el retorno sobre la inversión y contribuye al éxito organizacional. (Kerzner, 2017).

Esta perspectiva cobra especial relevancia en la automatización industrial, donde la adopción de nuevas tecnologías (como los DCS) debe formar parte de un plan más amplio de transformación digital y competitividad operativa.

#### 2.3.4 Capacidades organizacionales y madurez en gestión de proyectos

La ejecución efectiva de proyectos complejos no depende únicamente de las habilidades del equipo del proyecto, sino de las capacidades organizacionales que lo respaldan. Estas capacidades incluyen estructuras como oficinas de gestión de proyectos (PMO), metodologías estandarizadas, herramientas de gestión, procesos definidos y cultura organizacional orientada a resultados.

Turner (2009) define la madurez organizacional en gestión de proyectos como la capacidad de una empresa para gestionar múltiples proyectos de forma consistente, repetible y alineada con su estrategia. Según el autor, las organizaciones que invierten en desarrollar sus capacidades institucionales tienden a mostrar mejores indicadores de desempeño, menores desviaciones y mayor tasa de éxito en sus proyectos.

En el caso de proyectos de automatización como los DCS, donde los desafíos técnicos y organizacionales son elevados, la falta de madurez puede llevar a problemas de coordinación, desalineación entre áreas y fallos en la toma de decisiones.

#### 2.3.5 Gestión del cambio

La implementación de un proyecto genera inevitablemente cambios en procesos, estructuras, tecnologías o roles. El PMI (2021) reconoce que uno de los factores críticos para la aceptación y sostenibilidad de los resultados de un proyecto es una gestión eficaz del cambio. Esta debe considerar elementos como el diagnóstico del impacto, la comunicación oportuna, el involucramiento de los usuarios, la capacitación y el monitoreo del grado de adopción.

Kerzner (2017) identifica la resistencia al cambio como una de las principales barreras para el éxito de los proyectos tecnológicos. Por ello, propone que la gestión del cambio no sea tratada como una fase aislada, sino como un componente transversal a todo el ciclo de vida del proyecto, con roles definidos, métricas de seguimiento y liderazgo visible desde la alta dirección.

En los proyectos de automatización industrial, la gestión del cambio adquiere especial relevancia, ya que implica la adopción de nuevas interfaces, responsabilidades operativas y modificaciones en los procesos productivos. Sin un enfoque integral del cambio, los beneficios tecnológicos pueden verse anulados por la falta de apropiación del nuevo sistema.

### 3 Metodología

#### 3.1 Diseño de la Investigación

Este estudio adopta un enfoque de investigación cualitativa basada en la recolección de datos a través de entrevistas con personas que hayan participado en proyectos de implementación de DCS para responder a la pregunta de investigación. La investigación cualitativa es ampliamente utilizada para interpretar fenómenos a partir de los significados que las personas les asignan (Anderson, V. 2017), a diferencia de la investigación cuantitativa, que se basa en datos numéricos. (Bryman, 2012).

Una de las razones clave para adoptar un enfoque cualitativo en esta investigación es que permite explorar en profundidad las experiencias y percepciones de las empresas sobre los factores que causan la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS. Este enfoque es particularmente útil para comprender cómo los individuos interpretan las situaciones complejas que emergen durante la iniciación de dichos proyectos. La investigación cualitativa permite entender cómo los gerentes asignan significado a los problemas que enfrentan, lo que es crucial para desentrañar las causas profundas de la desviación del alcance (Denzin & Lincoln, 2017).

La metodología cualitativa también permite captar detalles contextuales que pueden no ser evidentes a través de un análisis puramente cuantitativo. Por ejemplo, los desafíos asociados a la implementación de DCS no solo conllevan aspectos técnicos, sino también problemas de comunicación, malentendidos entre los equipos involucrados y expectativas no alineadas entre los clientes y los proveedores. Este tipo de complejidad se refleja mejor a través de un análisis cualitativo, que puede abordar las sutilezas de estos problemas en contextos de alta incertidumbre y tecnología avanzada (Yin, 2018).

Las entrevistas proporcionarán una plataforma para que los participantes detallen sus experiencias, con preguntas diseñadas para identificar los factores mencionados en el modelo conceptual.

Al permitir a los entrevistados explorar estos factores desde su propia experiencia, la investigación cualitativa puede proporcionar una comprensión más rica y matizada de las causas subyacentes de la desviación del alcance en los proyectos de implementación de DCS (Creswell, 2013). Esto contribuirá a formular recomendaciones para mejorar la gestión de estos proyectos en el futuro, aprovechando la riqueza de los datos obtenidos a través de entrevistas en profundidad (Stake, 2006).

Esta tesis usa la metodología de estudio de casos múltiples que permite comprender fenómenos complejos a través del análisis comparativo de varios casos, con el objetivo de identificar patrones comunes, diferencias significativas y generar teoría o mejorar la comprensión del fenómeno estudiado. Este enfoque es especialmente útil en investigaciones aplicadas, como proyectos de ingeniería, gestión de proyectos o implementación de tecnologías (Yin, 2018).

En la tabla 1 se resumen los componentes del estudio de caso.

Tabla 1: Componentes del estudio de caso

<b>Pregunta de investigación</b>	¿Cómo y por qué ocurre la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú?
<b>Metodología de investigación</b>	Estudio de caso múltiple, descriptivo y explicativo.
<b>Proposiciones</b>	<p><b>Proposición 1:</b> La baja participación de los altos cargos de la empresa en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance.</p> <p><b>Proposición 2:</b> Menor detalle en las especificaciones de un proyecto de implementación de DCS, genera desvío del alcance.</p> <p><b>Proposición 3:</b> Una mala gestión de las comunicaciones internas en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance.</p> <p><b>Proposición 4:</b> Una baja familiaridad con la tecnología DCS, genera desviación del alcance en el proyecto.</p>
<b>Unidad de análisis</b>	Cada proyecto de implementación de Sistemas de Control Distribuido (DCS) en el Perú que haya experimentado desviaciones en el alcance.
<b>Lógica que une los datos a las proposiciones</b>	Coincidencia de patrones, construcción de explicaciones y análisis cruzado
<b>Muestra</b>	4 proyectos de implementación de sistemas DCS
<b>Informantes</b>	5 participantes entre jefes de departamentos y gerentes de especialistas
<b>Método</b>	Entrevista semi-estructurada
<b>Periodo de tiempo</b>	Retrospectiva
<b>Criterio para interpretar los resultados</b>	Uso de toda la evidencia recolectada con énfasis en los aspectos más significantes de los casos y la experiencia profesional en sistemas de control distribuido del investigador

### 3.2 Selección de los Participantes

La selección de los participantes en este estudio se fundamenta en criterios específicos que aseguren la relevancia y profundidad de los datos obtenidos, teniendo como propósito central identificar los factores asociados a la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS.

La muestra se determinó mediante un enfoque de muestreo intencional, el cual prioriza la elección de participantes en función de su experiencia previa y relevancia directa con los objetivos de la investigación. Para este propósito, se estableció contacto con una empresa proveedora de tecnología DCS, la cual denominaremos empresa "ABC", reconocida por contar con 27 años de experiencia en proyectos de implementación de DCS. Se le solicitó por correo una entrevista a su Gerente de Proyectos la cual fue aceptada. En la entrevista se le solicitó al Gerente que piense en proyectos de implementación de DCS que tuvieron desviación del alcance en los últimos 4 años (2019-2023). El Gerente nos dio información de 6 proyectos pertenecientes a 6 empresas diferentes, en los que se generaron costos adicionales debido a desviaciones del alcance inicial.

En la tabla 2 se detalla la lista de proyectos con desviación del alcance desarrollado por la empresa ABC en los últimos 4 años ordenada por costo del proyecto.

Tabla 2: Proyectos desarrollados por la empresa ABC con desviación del alcance

Empresa	Nombre del proyecto DCS	Actividad comercial de la empresa	Año de inicio del proyecto	Costo del Proyecto (dólares americanos)
1	Upgrade del sistema de control distribuido PCS7	Cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y otros productos agrícolas	2020	\$300,552.00
2	Desarrollo de programación y puesta en marcha ampliación de Proyecto Bici	Alimentos balanceados para camarones	2020	\$120,360.09
3	Servicio actualización del control caldera TSXG	Cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y otros productos agrícolas	2023	\$117,650.00
4	Upgrade del sistema SCADA centralizado System 800xA	Generación y comercialización de energía eléctrica	2019	\$100,226.58
5	Configuración de servidores y migración del sistema de control de calderas	Cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y otros productos agrícolas	2023	\$68,400.00
6	Migración sistema operativo servidores scada	Producción de alcohol anhidro, siembra y cultivo de caña de azúcar	2020	\$66,018.02

En la tabla anterior se puede observar que, a pesar de la coyuntura del país en los años 2019 y 2023 las industrias no dejaron de apostar por la implementación de las tecnologías basadas en DCS haciendo grandes inversiones para actualizar sus sistemas de control y así optimizar sus procesos.

Las seis empresas fueron contactadas por correo electrónico donde se invitó al Gerente de Proyectos que participe en una entrevista. Cuatro de las seis empresas aceptaron participar en la investigación, específicamente las empresas 1, 2, 3 y 6 de la tabla anterior. La tabla 3 muestra las características de las empresas que se seleccionaron para este estudio.

Tabla 3: Empresas que aceptaron el estudio

Empresa	1	2	3	6
<b>Sector</b>	Agroindustria	Acuicultura	Agroindustria	Agroindustria
<b>Nacionalidad</b>	Perú	Perú	Perú	Perú
<b>Actividad comercial</b>	Cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y otros productos agrícolas	Alimentos balanceados para camarones	Cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y otros productos agrícolas	Producción de alcohol anhidro, siembra y cultivo de caña de azúcar
<b>Ganancias anuales</b>	\$30 M	\$82 M	\$31 M	\$21 M
<b>Número de trabajadores</b>	3700	900	2400	1000
<b>Inicio de operaciones</b>	1860	2014	1870	2015

### 3.2.1 Consideraciones sobre la muestra y su validez externa

En el presente estudio, la muestra estuvo compuesta por cuatro proyectos de implementación de sistemas DCS, seleccionados a través de un muestreo intencional. Todos estos proyectos fueron ejecutados por una misma empresa proveedora de tecnología de automatización con más de dos décadas de experiencia en el sector. Asimismo, las organizaciones participantes pertenecen mayoritariamente al sector agroindustrial peruano, con un caso adicional en el sector acuícola. Esta característica específica de la muestra debe ser reconocida como una limitación clave para la generalización de los resultados.

El enfoque de estudio de casos múltiples no busca representar estadísticamente a toda la población, sino comprender en profundidad fenómenos complejos dentro de un contexto determinado (Yin, 2018). Sin embargo, es importante aclarar que la validez externa de los hallazgos, es decir, su aplicabilidad a otros sectores industriales o a contextos con diferentes proveedores o estructuras organizacionales es restringida debido a las siguientes razones:

- Dependencia de un único proveedor tecnológico: Todos los proyectos estudiados fueron implementados por la misma empresa proveedora, lo que introduce una homogeneidad en la metodología, cultura técnica, enfoques de gestión y prácticas de documentación. Esto limita la exploración de variaciones que podrían surgir con otros proveedores con diferentes niveles de madurez organizacional o enfoques de ingeniería.
- Concentración sectorial: Tres de las cuatro empresas participantes pertenecen al sector agroindustrial, mientras que la restante forma parte de la industria de alimentos acuícolas. Estos sectores comparten características comunes como estructuras jerárquicas tradicionales, limitada exposición previa a proyectos de automatización compleja y recursos tecnológicos similares. Esta homogeneidad reduce la diversidad contextual que enriquecería la robustez de los resultados (Stake, 2006).
- Contexto geográfico y económico local: Todos los casos analizados se desarrollan dentro del entorno empresarial peruano, lo que restringe aún más la extrapolación de hallazgos a países con mayor desarrollo tecnológico, diferente legislación industrial o entornos institucionales más maduros en gestión de proyectos (Turner, 2009).

No obstante, esta concentración también representa una fortaleza para la validez interna del estudio, ya que permitió identificar patrones comunes dentro de un marco técnico y organizacional específico, lo que fortalece la consistencia lógica de los hallazgos y la interpretación de los factores causales.

### 3.3 Instrumento de recolección de datos

Se utilizó entrevistas semiestructuradas como el principal instrumento de recolección de datos. Estas entrevistas fueron diseñadas para explorar en profundidad la experiencia de las empresas en relación con la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS, identificando las causas que han llevado a dicha desviación. El cuestionario se encuentra en el Anexo al final de este documento. Las preguntas fueron orientadas a comprender:

- Las expectativas iniciales de la empresa respecto al proyecto identificado.
- Las causas percibidas de la desviación del alcance.

Cada entrevista fue grabada, con el consentimiento del entrevistado, para garantizar la precisión en la transcripción y análisis posterior.

Así también se hicieron recorridos por la planta de producción lo que brindó una oportunidad invaluable para observar de primera mano los resultados finales de los proyectos. También, para cada proyecto, se revisó la documentación disponible (como contratos, informes de progreso, y evaluaciones finales) para confirmar la existencia de desviaciones y obtener una primera impresión de los factores involucrados. La información adicional proporcionada por el gerente de ABC, también fue fundamental para triangular y contextualizar cada proyecto, ya que detalló las circunstancias específicas que llevaron a las desviaciones, los retos enfrentados y las soluciones adoptadas.

En la tabla 4 se muestra un resumen de la recolección de datos de la presente investigación.

Tabla 4: Resumen de recolección de datos.

<b>Empresa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>Proyecto</b>	Migración sistema operativo servidores SCADA	Desarrollo de programación y puesta en marcha ampliación de Proyecto Bici	Upgrade del sistema de control distribuido PCS7	Servicio de control caldera TSXG
<b>Cargo del entrevistado</b>	Jefe del Departamento de Instrumentación	Jefe de Proyectos de Automatización	Jefe del departamento de Generación	Jefe del Departamento de Instrumentación y Automatización
<b>Años en la empresa del entrevistado</b>	10	5	20	5
<b>Fecha de la entrevista</b>	14/06/2024	27/04/2024	27/06/2024	25/04/2024
<b>Lugar de la entrevista</b>	Oficinas del entrevistado en Planta	Oficinas del entrevistado en Planta	Oficinas del entrevistado en Planta	Oficinas del entrevistado en Planta

<b>Duración de la entrevista</b>	00h 38m 38s	00h 33m 09s	00h 57m 09s	00h 47m 56s
----------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

### 3.3.1 Justificación del instrumento de recolección de datos

La presente investigación empleó entrevistas semiestructuradas como instrumento principal de recolección de datos, dado que este método es ampliamente reconocido en estudios cualitativos por su capacidad para obtener información rica, contextualizada y detallada sobre la experiencia de los participantes en torno al fenómeno estudiado (Creswell, 2013).

Este tipo de entrevista combina preguntas estructuradas con la flexibilidad necesaria para que el entrevistador profundice en aspectos emergentes, aclaraciones o nuevas ideas que puedan surgir durante la conversación. Según Denzin y Lincoln (2017), esta técnica permite captar significados desde la perspectiva de los actores sociales, lo que es especialmente útil cuando se investigan procesos organizacionales complejos como la desviación del alcance en proyectos tecnológicos.

En este caso, la guía de entrevista fue construida con base en el marco conceptual propuesto en el capítulo 2, específicamente sobre los cuatro factores identificados como críticos para la desviación del alcance: (1) participación de la alta dirección, (2) precisión en las especificaciones técnicas, (3) comunicación interna, y (4) familiaridad tecnológica con sistemas DCS. Estos factores, extraídos de la literatura especializada en gestión de proyectos y automatización industrial (Kerzner, 2017; PMI, 2021; Turner, 2009), sirvieron como ejes temáticos para estructurar las preguntas.

La guía de entrevista estuvo compuesta por secciones que permitieron explorar:

- Las expectativas iniciales del proyecto por parte del cliente.
- Las percepciones respecto al alcance acordado y su evolución.
- Las causas específicas de los cambios o desviaciones detectadas.
- Las dinámicas de coordinación interna y el rol de los directivos.
- El nivel de conocimiento técnico requerido y disponible durante la implementación.

Este diseño se corresponde con lo que Yin (2018) llama una estrategia de “congruencia teórica”, donde el instrumento se alinea de manera explícita con las proposiciones teóricas y la unidad de análisis del estudio de caso.

Para garantizar la validez del contenido, el instrumento fue revisado por dos expertos: un ingeniero con más de 20 años de experiencia en proyectos de automatización industrial, y un académico especializado en gestión de proyectos. Ambos proporcionaron observaciones sobre la claridad, pertinencia y coherencia de las preguntas con los objetivos de la investigación. A partir de esta retroalimentación se ajustaron algunas formulaciones, eliminando ambigüedades técnicas o redundancias, y se reorganizó la secuencia de las preguntas para facilitar una progresión lógica y comprensible para los entrevistados.

Aunque no se realizó una prueba piloto formal, la primera entrevista efectuada sirvió como fase exploratoria de retroalimentación, lo que permitió ajustar el enfoque de indagación en las entrevistas subsiguientes, tal como sugiere Stake (2006) en estudios cualitativos iterativos.

Además, la triangulación metodológica (entrevista, observación en planta y revisión de documentos del proveedor) fortaleció la validez del instrumento, al permitir contrastar las percepciones expresadas con evidencias documentales y contextuales.

La elección de entrevistas individuales presenciales permitió además generar un ambiente de confianza, especialmente importante en proyectos donde existen implicancias económicas, políticas o reputacionales para los participantes. Las entrevistas se grabaron, transcribieron y analizaron mediante codificación asistida por software (Dedoose), lo que aseguró una trazabilidad rigurosa entre el instrumento, los datos recolectados y los resultados obtenidos.

### 3.4 Análisis de datos

Para el análisis de datos cualitativos en este estudio, se siguieron dos enfoques fundamentales de codificación: deductiva e inductiva. Primero, las entrevistas realizadas a los participantes seleccionados fueron transcritas. En estas transcripciones se empleó una codificación deductiva basada en un conjunto de códigos predeterminados. Esta lista inicial de códigos se desarrolló a partir de conceptos vinculados a los cuatro factores identificados en el marco teórico existentes sobre el fenómeno estudiado, lo cual facilitó estructurar el análisis de acuerdo con categorías previamente identificadas en la literatura y temas clave que se esperaban encontrar en las entrevistas.

Este proceso deductivo, conocido como enfoque top-down, permitió clasificar los datos iniciales según criterios previamente definidos y guiar el análisis hacia temas de relevancia, reduciendo la ambigüedad en la interpretación y mejorando la consistencia entre los segmentos de texto y los códigos aplicados (Mayring, P, 2019).

Empresa 6, código: Especificaciones

“existen proyectos que, a veces, lamentablemente no se contempla la parte de control y automatización, entonces allí empiezan las falencias en el proyecto. El gestor del proyecto tiene que contemplar desde un inicio, eh, todo lo que va a comprometer su proyecto”

Empresa 3, código: Comunicación

“el proyecto sí se maneja de una manera, con su cronograma MS Project ¿no? y en base a eso fuimos haciendo las reuniones con todos los involucrados para que el proyecto tenga un buen fin, ya casi, en la etapa de comisionamiento si fue un poco más ya con presión y por culminar los tiempos, menos reuniones y más acción, si se puede decir ¿no?”

Posteriormente, y en complemento al análisis inicial, se adoptó un enfoque de codificación inductiva. En este caso, a diferencia de la codificación deductiva, se permitió que los datos emergieran de manera natural, construyendo códigos nuevos a medida que aparecían patrones e ideas no contempladas en la lista original de códigos. Esta codificación inductiva, característica del enfoque bottom-up, se basa en identificar y desarrollar temas directamente a partir del contenido de las entrevistas, permitiendo descubrir perspectivas y fenómenos inesperados que enriquecen la comprensión del objeto de estudio (Bihu, 2024).

Empresa 2, código: Ingeniería\_básica

“en esa parte se empieza primero a hacer la parte de desarrollo del proceso, que es el layout, se empieza primero con un layout como hacer bosquejo y de acuerdo a eso, se empieza a lo que es la planificación de cómo va a ser la ubicación de los equipos en la planta y ya se empieza a hacer detalles de la parte ingeniería estructural, de la estructura de la planta, civil, de esos, por los pesos que nos dicen las máquinas y todo eso”

Empresa 1, código: Curva S y Gestion\_cambios

“hay variaciones dentro del caminar del proyecto, como que el presupuesto se va cortando ¿no?, como tú sabes, eh, la curva S va llegando a un monto máximo en función a lo planteado, entonces, eh, tal vez, ellos (los gerentes) tienen límites ya, límites justificados hacia el directorio, eh, eso hace que, de una forma, ellos nos digan : “saben que, eh, traten de optimizar lo más posible, evaluemos que podemos, eh, como podemos, eh, ahorrar, entre comillas, optimicemos el costo””

Ambas fases de codificación fueron implementadas y gestionadas mediante el software Dedoose, herramienta que permitió organizar y analizar las transcripciones de manera eficiente, además de explorar relaciones entre los códigos identificados. Dedoose ofrece funcionalidades avanzadas, como la creación de árboles de códigos y el análisis de patrones, lo cual fue clave para validar y contextualizar los resultados obtenidos, asegurando que estos reflejaran tanto las hipótesis iniciales como los nuevos hallazgos emergentes. En la Figura 6 se muestran los desarrollos de los códigos usados e identificados en las entrevistas, en las Figuras 7 y 8 se presentan los resultados de la aplicación de dichos códigos.

The screenshot displays the Dedoose web application interface. At the top, the logo 'dedoose' is visible with the tagline 'Great Research Made Easy'. The navigation bar includes 'Hogar', 'Códigos', 'Multimedia', 'Extractos', 'Descriptores', and 'Analizar'. The main content area is divided into several sections:

- Project Overview:** 'Proyecto: Analisis Desviación de Alc...'. It shows progress bars for 'Usuarios' (1), 'Multimedia' (4), 'Descriptores' (0), 'Extractos' (146), 'Códigos' (76), and 'Aplicación de Código' (440). There are 'Importar' and 'Exportar' buttons.
- Multimedia Table:** A table with columns: Tipo, Título, Añadido, Usuario, NÚ..., LongL... It lists audio files such as 'ErickChiroque\_audio1487543527.docx'.
- Códigos List:** A vertical list of codes under the 'ATMs' category, including 'Automatización\_procesos', 'Cargos', 'ControlPID', 'DiagramaP&ID', 'Diagrama\_proceso', 'Ingenio\_azucarero', 'Instrumentación', 'Migración', 'Mínima\_intervención', 'Modernización', 'PLCs', 'Parada\_Planta', 'Plan\_automatización', 'Planta\_antigua', 'Plataforma\_automatización', 'Proceso\_azucarero', 'Proceso\_productivo', 'Procesos\_críticos', 'Procesos\_manuales', 'Renovar\_equipos', 'Resta\_eficiencia', 'Scadas', and 'Sin\_automatización'.
- Extractos: 146:** A list of text segments with their source files and the number of codes applied. For example, 'JuanNavarro\_audio1425901176.docx' has 2 codes applied to the segment: 'Haber, me quedé con las ganas, así, eh, en lo personal, de poder hacer un control con turbina ¿no? E.UHum E1: Eh, limitado no, no por desconocimiento en este, referénete a mí, sino limitado a veces por el tema de... de inversión ¿no?...'.

Figura 7: Desarrollo de codificación en Dedoose

Fuente: Dedoose



favorece la transparencia y organización sistemática de los datos. Estas herramientas permitieron mantener una lógica clara en el análisis, trazando la evolución de los códigos y su conexión con los hallazgos, tal como recomiendan autores como Nowell et al. (2017) para asegurar la confiabilidad en análisis temáticos.

Finalmente, se ha considerado esencial incluir fragmentos textuales representativos dentro de los capítulos de resultados y discusión. Estas citas, extraídas directamente de las entrevistas, serán integradas como evidencia empírica que respalda las interpretaciones realizadas. Su función no es solo ilustrativa, sino también argumentativa y validante, ya que refuerzan la conexión entre las experiencias narradas por los participantes y los conceptos analizados. Esta práctica, ampliamente recomendada en estudios cualitativos, contribuye a aumentar la credibilidad del análisis al ofrecer un anclaje directo en el discurso de los actores clave (Creswell, 2013; Merriam & Tisdell, 2016).



### 3.5 Descripción de las empresas

#### 3.5.1 Empresa 1

La empresa agroindustrial mencionada tiene una participación destacada en el sector agrícola y de manufactura en Perú, específicamente en la producción, cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar. Su enfoque principal está en la producción de azúcar, así como de derivados como melaza y alcoholes, contribuyendo significativamente a la economía agroindustrial de la región norte del Perú. Además, la compañía integra tecnología avanzada en sus procesos de cultivo y manufactura para maximizar la eficiencia y sostenibilidad.

Es una empresa peruana de reconocido prestigio en la industria azucarera, dedicada a la producción, refinación y comercialización de azúcar de alta calidad. Ubicada en una región del país donde las condiciones climáticas favorecen el cultivo de caña de azúcar, la compañía aprovecha la proximidad a las fuentes de materia prima y a importantes rutas logísticas para distribuir sus productos tanto en el mercado nacional como en el internacional.

El proceso productivo es integral y abarca desde la recepción y molienda de la caña, pasando por la clarificación y evaporación del jugo extraído, hasta llegar a la cristalización y centrifugado que permiten separar el azúcar, finalizando con un riguroso proceso de refinamiento y empaquetado que garantiza el cumplimiento de altos estándares de calidad.

Para optimizar y controlar cada etapa de este complejo proceso, la empresa 1 ha implementado sistemas de control distribuido (DCS) que integran sensores, actuadores y software especializado. Esta tecnología permite el monitoreo en tiempo real de las variables críticas del proceso, facilitando ajustes precisos, el mantenimiento predictivo y la reducción de pérdidas operativas. Además, la adopción de soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) y el análisis avanzado de datos ha permitido a la empresa tomar decisiones informadas que impulsan la eficiencia y la competitividad en un entorno de constante evolución tecnológica (Yousuf et al., 2024).

Con miras a mantenerse a la vanguardia y responder a las demandas del mercado global, esta empresa está llevando a cabo importantes inversiones en la modernización de sus instalaciones. Entre las mejoras actuales destacan la actualización de sus sistemas de control con nuevas versiones de DCS, la digitalización completa de sus líneas de producción y la expansión de su capacidad operativa. Estas iniciativas no solo aumentan el rendimiento y la eficiencia del proceso productivo, sino que también posicionan a la empresa en la senda de la transformación digital, reforzando su compromiso con la innovación y la sustentabilidad en el sector azucarero.

#### 3.5.2 Empresa 2

Esta compañía forma parte de un grupo multinacional y se destaca como una de las principales empresas peruanas en la producción de soluciones nutricionales innovadoras para la acuicultura. Está especializada en el desarrollo de alimentos balanceados de alta calidad, diseñados específicamente para optimizar el crecimiento y la salud de camarones y peces, contribuyendo al desarrollo sostenible de la industria acuícola.

Con más de 35 años de experiencia, se ha posicionado como un líder regional, operando en países como Perú, Ecuador, Honduras y México. Su enfoque combina innovación, investigación y sostenibilidad, ajustándose a las necesidades específicas de los productores acuícolas en Latinoamérica. La compañía invierte constantemente en centros de investigación y desarrollo para garantizar la calidad y eficiencia de sus productos.

Esta empresa ha implementado diversas mejoras en sus procesos productivos y de automatización para optimizar la eficiencia y sostenibilidad de sus operaciones. En su planta de producción en Trujillo, Perú, la empresa ha desarrollado una plataforma que automatiza los procesos por lotes y registra el consumo energético en cada etapa, incrementando la producción anual de 22,000 a 40,000 toneladas de alimentos para peces y camarones.

Estas iniciativas reflejan el compromiso de esta empresa con la innovación y la mejora continua en la industria acuícola, fortaleciendo su posición como líder en el sector y contribuyendo al desarrollo sostenible de la acuicultura en Latinoamérica.

### 3.5.3 Empresa 3

Esta empresa agroindustrial peruana es reconocida por su participación en el cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar, además de la producción de subproductos como alcohol y etanol. Su modelo de negocio está integrado, lo que le permite controlar tanto las etapas agrícolas como las industriales, asegurando eficiencia en la cadena de valor. Posee una planta con alta capacidad de procesamiento, que transforma miles de toneladas de caña diariamente en azúcar y otros derivados, contribuyendo significativamente al abastecimiento interno del país.

Desde una perspectiva económica, esta compañía es un actor clave en el sector azucarero peruano, el cual aporta aproximadamente el 5% del PBI agropecuario. Además, el sector agrícola, dentro del cual opera esta industria, representa cerca del 7.6% del PBI nacional, evidenciando su relevancia en la economía del Perú.

En el aspecto de la automatización, ha diseñado sistemas de automatización en áreas clave de su producción. Por ejemplo, se ha desarrollado un sistema de control distribuido para la generación de vapor en las calderas, integrando equipos electrónicos de control y estableciendo lazos de control basados en controladores PID. Este sistema mejora la eficiencia energética y la seguridad operativa.

La compañía también impulsa prácticas sostenibles en su producción, adaptándose a las exigencias del mercado internacional y contribuyendo al desarrollo económico en su región de influencia. Su compromiso con la sostenibilidad y la innovación tecnológica asegura su competitividad en el mercado global, además de su impacto positivo en la economía nacional y local.

### 3.5.4 Empresa 6

Esta compañía peruana está ubicada en el departamento de Piura, específicamente en el distrito Miguel Checa, provincia de Sullana, así como en los distritos La Huaca y El Arenal, provincia de Paita. Su actividad principal es de carácter agroindustrial, enfocándose en la siembra, cultivo y transformación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), así como en la producción de subproductos derivados como el alcohol anhidro.

La empresa opera bajo un sistema tecnificado de riego por goteo, alimentado con agua proveniente del río Chira, lo que le permite optimizar el uso de recursos hídricos y alcanzar altos niveles de productividad. El núcleo de negocio de esta empresa consta de dos componentes principales:

- Componente Agrícola: Cultivo de caña de azúcar en una extensión proyectada de 10,000 hectáreas, de las cuales actualmente se ejecutan 7,400 hectáreas.

- Componente Agroindustrial: Operación de una planta con capacidad instalada para procesar 5,400 toneladas de caña de azúcar por día, destinada a la fabricación de azúcar y otros derivados.

Esta empresa está implementando importantes mejoras en su proceso productivo y automatización para optimizar la operación de su planta. Estas iniciativas incluyen inversiones en infraestructura y tecnología avanzada para modernizar sus procesos.

La automatización ha jugado un rol clave en su estrategia ya que ha incorporado tecnologías digitales para redefinir la gestión de datos y optimizar el control del proceso en su planta, lo que incluye un área de monitoreo automatizado que permite a los operarios supervisar y ajustar los sistemas en tiempo real. Esto no solo incrementa la eficiencia, sino que también asegura una calidad consistente en la producción de azúcar y etanol.



## 4 Resultados

### 4.1 Casos estudiados

#### 4.1.1 Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 1

En la empresa 1 se implementó un proyecto que consistía en la migración de su sistema de control DCS de procesos, pasando de una versión antigua a una moderna a través de una plataforma virtualizada. El proyecto tenía dos objetivos fundamentales: por un lado, modernizar la infraestructura, optimizando el equipamiento, despliegue y mantenimiento mediante la virtualización; por otro, actualizar el sistema de control a las últimas versiones del mercado para contar con el soporte adecuado del proveedor.

El alcance del proyecto incluyó el suministro y configuración de los equipos necesarios para la virtualización del sistema de control, la adquisición de licencias para los sistemas operativos y el nuevo DCS, así como el desarrollo de la ingeniería de actualización, validación de señales y lecturas de la instrumentación, y la puesta en marcha que permitió dejar operativo el proceso productivo.

La participación de altos cargos se evidenció limitada, ya que el proyecto fue gestionado principalmente por las áreas de automatización y sistemas. Esta situación derivó en que los altos cargos no comprendieran adecuadamente las necesidades de infraestructura, lo que generó contratiempos durante la puesta en marcha del sistema. En cuanto a la precisión de las especificaciones técnicas, a pesar de que la planificación inicial estuvo a cargo de una empresa externa con experiencia y con el conocimiento técnico adecuado, se identificaron discrepancias en las especificaciones proporcionadas en la fase inicial. Esto obligó a realizar modificaciones en la infraestructura de redes, provocando desvíos en los costos y tiempos de entrega.

Sobre la participación de los gerentes, el entrevistado mencionó:

“Bueno, eh, los gerentes son facilitadores ¿sí?, para nosotros es, eh, tenemos un objetivo que está planteado desde el inicio del proyecto y en función a las, a las justificaciones y, y los objetivos específicos ya de cada una de las acciones o, o adquisiciones que se haga, ellos básicamente son los que gestionan el presupuesto hacia arriba ¿no? y de alguna forma nos facilitan el proceso”

En las especificaciones del diseño del proyecto, el entrevistado dijo:

“esos documentos como te comento son hechos en gabinete, en el escritorio y por ahí como que faltan cosas de ir a campo ¿no? entonces cuando ya se realiza el proyecto, eh, van a campo, eh, tal vez la medida que se tomó o la que especificaron en el plano de diseño no es tal como está en campo y en ese momento toca hacer una modificación del alcance”

Si bien la comunicación interna fue constante y efectiva en la mayoría de las actividades, se presentó una brecha en la coordinación entre los equipos responsables y la alta dirección, lo que afectó la alineación global del proyecto. Por otro lado, la familiaridad tecnológica con el sistema de control fue alta en el equipo técnico de la empresa, lo que facilitó la validación de especificaciones y el desarrollo de la ingeniería; sin embargo, la falta de participación activa de los altos cargos evidenció una deficiencia en la comprensión estratégica de las necesidades tecnológicas.

Acerca de la gestión de la comunicación durante el proyecto, se mencionó:

“Eh, con lo que es gerencias y límites del proyecto tenemos reuniones, estas reuniones son semanales, eh, con diferentes áreas ¿no?, con áreas técnicas, áreas logísticas, eh, con el área legal también, uno que otro tema, pero, eh, hay una comunicación, bueno ahora que el tema es, eh, está bastante globalizado tenemos reuniones virtuales, seguimientos, eh, se coordina muy, eh, por así decirlo, muy seguido”

El personal conoce el sistema de control, el entrevistado mencionó:

“acá en planta conocemos bastante el sistema de control, eh, los instrumentistas tienen a su cargo resolver cuando alguno de los operadores tenga un problema con su estación de operación, y viene el técnico y hace la ... la descarga del aplicativo y restaura la operación ¿no?”

Este caso resalta la importancia de contar con una participación activa y comprometida de los altos cargos, asegurar la precisión de las especificaciones técnicas desde el inicio y mantener una comunicación interna fluida e integral entre todos los involucrados. Además, se destaca la necesidad de que los niveles gerenciales refuercen su familiaridad tecnológica para tomar decisiones informadas que garanticen el éxito de los proyectos de automatización industrial. A pesar de los desafíos enfrentados, la integración efectiva del área de sistemas fue clave para mitigar los problemas y asegurar la continuidad del proyecto.

#### 4.1.2 Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 2

En la empresa 2 se evaluó la ampliación de su planta de producción, un proyecto de gran complejidad que involucró diversas disciplinas, tales como actividades civiles, eléctricas, metalmecánicas y de automatización, implementándose bajo una arquitectura de virtualización y sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) conforme a normativas internacionales para procesos por lotes. El objetivo principal del proyecto era incrementar la productividad de la empresa mediante la adopción de la mejor tecnología de control DCS y la infraestructura más actual del mercado. Para ello, se designó a una empresa experta en sistemas de control, la cual se encargó de gestionar los aspectos técnicos del emprendimiento.

El alcance del proyecto incluyó la coordinación y ejecución de múltiples disciplinas, lo que implicó la definición y asignación de tareas específicas para cada área. Las especificaciones técnicas, elaboradas y gestionadas por un equipo de ingenieros externo con amplia experiencia en automatización, lograron minimizar ciertos riesgos en el área de control. Sin embargo, la diversidad de áreas técnicas involucradas generó desafíos significativos en la precisión de la definición de las tareas, evidenciándose como uno de los principales factores de desviación del alcance.

Sobre las especificaciones, el entrevistado mencionó:

“Eh, bueno en temas eléctricos que habían venido las máquinas, eh, no estaban contempladas porque como son cosas chinas la información no te pasan completo. Y tienes que hacer tu ingeniería base, eh... cuando ya está tu equipo ahí, a veces tienes que ver ¿no?, falta esto, falta otro, ahí muchas veces te das cuenta de todas las, las conexiones que trae la máquina ¿no?, como tú dices hay una ausencia de repente de información validada o verificada ¿no?, de éstas máquinas que, bueno, por la procedencia que tienen no, no quiere decir que todo sea..., todo sea malo de esa procedencia”

Uno de los hallazgos más relevantes fue la limitada participación de la alta gerencia en la gestión del proyecto. Las políticas internas de la empresa, que no contaron con una intervención activa

de altos cargos, dejaron sin contemplar la asignación de recursos financieros para amortiguar desviaciones o errores en el suministro. Esta falta de involucramiento estratégico derivó en la generación de numerosos trabajos adicionales no previstos en el plan original, como ajustes y ampliaciones para cumplir con requisitos surgidos durante la ejecución, lo que incrementó los costos y prolongó los tiempos de implementación.

En políticas internas de gestión de cambios, el entrevistado dijo:

“Uuumh, bueno, se solicitó adicionales para poder terminar el proyecto y sí, sí lo dieron, eh, para culminar, pero en sí ya, se solicita un presupuesto y no se agregan adicionales”

Aunque la gestión de las especificaciones técnicas en el área de automatización se destacó por su precisión y experiencia, las dificultades en la comunicación e integración entre las diversas disciplinas impactaron negativamente la planificación general del proyecto. La falta de una comunicación interna fluida y efectiva entre los equipos técnicos y las demás áreas involucradas agravó la situación, subrayando la importancia de contar con una coordinación integral en proyectos de esta magnitud.

Este caso resalta la importancia de una participación activa de la alta dirección, la necesidad de definir con precisión las especificaciones técnicas desde el inicio, la relevancia de mantener una comunicación interna efectiva entre todas las disciplinas involucradas y la importancia de que los altos cargos desarrollen una mayor familiaridad tecnológica para tomar decisiones estratégicas que garanticen el éxito de proyectos complejos en automatización industrial.

#### 4.1.3 Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 3

El proyecto se centró en el reemplazo de equipos obsoletos en el sistema de control de un caldero bagacero responsable de la generación de vapor. El objetivo principal fue modernizar el sistema, sustituyendo los equipos antiguos y actualizando el equipamiento de medición de las variables del proceso, utilizando una plataforma virtualizada para integrar de forma transparente el sistema DCS-SCADA existente.

El alcance del proyecto incluía la integración del nuevo sistema de control mediante la virtualización, el reemplazo del equipamiento de cómputo obsoleto y la actualización del equipamiento de medición, lo que implicó la coordinación de equipos de trabajo de diferentes disciplinas. Desde el inicio, se evidenció una comprensión insuficiente del proyecto por parte del equipo interno, lo que obligó a recurrir a consultores externos especializados para orientar las tareas necesarias. Esta situación reflejó una carencia de experiencia técnica en el personal de planta y una falta de claridad en las especificaciones iniciales, lo que derivó en múltiples reuniones para definir el alcance y los tiempos de ejecución.

Sobre la experiencia técnica, el entrevistado dijo lo siguiente:

“que a veces no se consideran los detalles más que todo ¿no?, detalles que a veces igual cuentan, te retrasan la entrega del proyecto, eh, el alcance se modifica y mucho de eso a es porque a veces, este..., nos cuesta hacer una ingeniería de detalle”

Un factor crítico fue la realización de modificaciones por parte de otras áreas de la empresa, las cuales no se coordinaron adecuadamente con el equipo responsable del proyecto. Estas alteraciones, no previstas en la planificación original, desbordaron la gestión de riesgos y provocaron retrasos significativos en el cronograma. Además, la limitada participación de los altos cargos en la supervisión y toma de decisiones estratégicas debilitó la coordinación entre las áreas implicadas, incrementando la complejidad de la ejecución del proyecto.

En la interrelación de las áreas involucradas, el entrevistador mencionó:

“cuando entregamos un proyecto o hacemos un proyecto de automatización tenemos mucha intervención del usuario, de taller eléctrico, taller de automatización, taller mecánico ¿no? y tenemos que encajar para que el proyecto salga de la mejor manera ¿no? y ahí es mi función ¿no? de poder que todas estas disciplinas relacionen para un fin ¿no? para que el proyecto culmine de la mejor manera ¿no? A veces tenemos, sí, en el camino tenemos muchas dificultades”

Este caso resalta la importancia de contar con especificaciones técnicas claras desde el inicio, una planificación de riesgos robusta y un equipo técnico experimentado. Asimismo, se evidencia la necesidad de mantener una comunicación interna fluida y de que los altos directivos participen activamente en la supervisión del proyecto para garantizar que las decisiones estratégicas sean coherentes con los requerimientos tecnológicos y operativos. A pesar de los esfuerzos realizados para mitigar los problemas, los desfases en tiempo y costo fueron inevitables, subrayando la relevancia de estos factores para el éxito en proyectos de modernización tecnológica complejos.

#### 4.1.4 Proyecto de desviación de alcance de la Empresa 6

El caso evaluado fue la migración del sistema de control DCS a una infraestructura virtualizada, proceso que destacó diversos factores críticos que contribuyeron al desvío del alcance del proyecto. El análisis evidenció que la empresa cuenta con un marco organizacional caracterizado por numerosos procesos y etapas de aprobación para la implementación de proyectos. Si bien estos procedimientos buscan garantizar la correcta alineación con los objetivos estratégicos de la organización, también generan demoras significativas en la ejecución.

Uno de los principales hallazgos fue que los alcances del proyecto fueron definidos por un equipo de ingenieros externo con un conocimiento técnico limitado para desarrollar especificaciones adecuadas. Esto resultó en documentos iniciales incompletos y erróneos, una situación agravada por la falta de documentación actualizada de la planta, lo que dificultó la identificación precisa de las necesidades técnicas.

Esta carencia en las especificaciones iniciales derivó en múltiples inconsistencias durante la fase de ejecución, impactando directamente en la relación con el proveedor. La falta de claridad en los requerimientos generó reajustes constantes en el cronograma, extendiendo los tiempos estimados y comprometiendo la planificación original. Este desfase no solo afectó los plazos del proyecto, sino que también incrementó los costos operativos asociados y tensionó los procesos internos de control.

El entrevistado mencionó sobre la planificación y desviación económica:

“nosotros, este, planteamos un proyecto, eh, justifica, hacemos la justificación técnica y económica del proyecto. Y todo proyecto está amarrado con parte de auto, parte de automatización entonces incluimos dentro del proyecto la automatización, existen proyectos que, a veces, lamentablemente no se contempla la parte de... de control y automatización, entonces allí empiezan las falencias en el proyecto, y al final cuando uno se da cuenta, eh, o cuando otros, eh, ingenieros se dan cuenta de que... que no, no han contemplado entonces ya no tenemos el presupuesto para... para poder este... eh, agregarlo ¿no?, dentro del proyecto y se incurren ahí en, eh, bueno, en ampliaciones del proyecto en la parte económica, ampliaciones en el tiempo también en la entrega del proyecto”

A pesar de que la empresa contempló ciertos riesgos en la etapa de planificación, como los relacionados con los tiempos de entrega de equipos o la provisión de un respaldo económico para mitigar pérdidas, estas medidas no fueron suficientes para contrarrestar las deficiencias en las especificaciones técnicas. Por ejemplo, los retrasos en la entrega de componentes críticos y la necesidad de redefinir aspectos del diseño técnico contribuyeron a un desfase significativo en el cronograma y a un incremento en los costos operativos.

En conclusión, los factores de desviación identificados en este proyecto incluyen principalmente la falta de especificaciones técnicas claras y precisas y la ausencia de documentación y manuales de los softwares de vanguardia. Si bien se adoptaron medidas de mitigación de riesgos, estas no lograron compensar las fallas estructurales en la planificación, impactando negativamente en la eficiencia, los costos y los tiempos del proyecto. Este análisis subraya la necesidad de un enfoque más robusto en la definición del alcance y la gestión de riesgos en proyectos de automatización complejos.

#### 4.2 Síntesis

Luego de comprender cada caso de estudio individual desde la perspectiva del modelo teórico, se realizó un análisis cruzado de casos. Los hallazgos se consolidaron en las tablas 5 y 6, las cuales muestran, respectivamente, la verificación del efecto de cada factor en los casos analizados y el cumplimiento de cada proposición planteada en el marco teórico.

A través del análisis de cuatro casos representativos en el sector industrial peruano, se identificaron los mecanismos causales y las condiciones específicas que generan esta problemática. La evidencia empírica demuestra que la desviación del alcance surge como resultado de la interacción de cuatro factores críticos, los cuales operan de manera sistémica y se manifiestan con distinta intensidad según las características organizacionales de cada empresa.

- **Desconexión estratégica por falta de involucramiento directivo**  
La investigación revela que en los cuatro casos estudiados existió una participación limitada de los altos cargos en la gestión del proyecto. En los casos, esto se tradujo en:
  - Desalineación entre los objetivos del proyecto y las necesidades reales de la organización (Proyectos de Empresas 1 y 3)
  - Falta de asignación oportuna de recursos para contingencia (Caso 2)
  - Retrasos burocráticos en procesos de aprobación (Caso 6)
- **Deficiencias en la definición técnica inicial**  
Como advierten Jia & Capretz (2017), la complejidad inherente a los sistemas DCS exige especificaciones técnicas precisas. Sin embargo, en tres de los cuatro casos (Caso 1, Caso 3 y Caso 6) se presentaron:
  - Documentación incompleta o ambigua de requisitos
  - Brechas entre las especificaciones técnicas y las capacidades reales de implementación
  - Necesidad de redefiniciones durante la ejecución, generando costos adicionales
- **Fallas en los flujos de comunicación organizacional**  
Coincidiendo con Phua (2005), se constató que la calidad de la comunicación interna fue determinante. Las principales manifestaciones fueron:

- Discontinuidad en la comunicación entre niveles técnicos y estratégicos (Casos 1 y 6)
  - Falta de coordinación interdisciplinaria en proyectos complejos (Caso 2)
  - Ausencia de protocolos estandarizados para gestión de cambios (Caso 3)
- Asimetrías en el conocimiento tecnológico
    - Como plantea Lall (1992), la falta de familiaridad con la tecnología DCS generó:
      - Dificultades para anticipar riesgos técnicos (Casos 3 y 6)
      - Problemas en la validación de soluciones propuestas por proveedores
      - Dependencia excesiva de consultores externos (Caso 2)

El estudio identificó tres condiciones particulares del contexto peruano que exacerbaban estos problemas:

- Estructuras organizacionales jerárquicas que dificultan la comunicación transversal entre áreas técnicas y directivas.
- Limitada cultura de gestión de proyectos tecnológicos complejos en sectores tradicionales como el agroindustrial.
- Escasez de personal especializado en DCS a nivel local, incrementando la dependencia de proveedores externos.

El análisis permite describir un patrón recurrente en los casos estudiados:

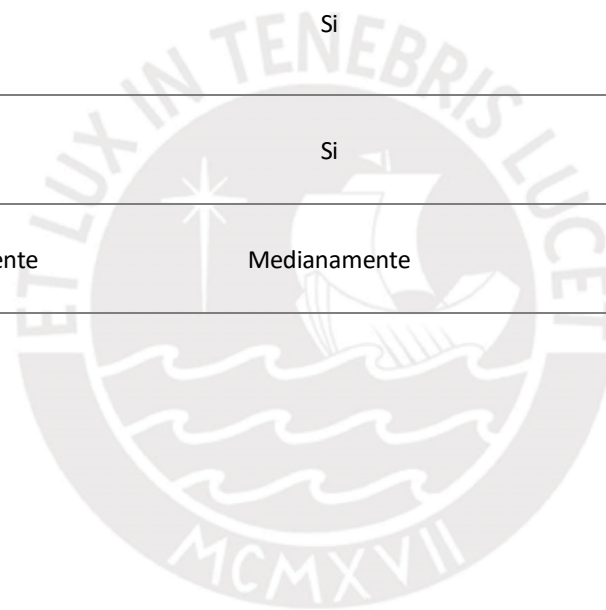
1. Definición inicial incompleta del alcance por falta de participación multinivel
2. Subestimación de requisitos técnicos y de integración
3. Emergencia de discrepancias durante la ejecución
4. Implementación de cambios no planificados
5. Acumulación de retrasos y sobrecostos

Tabla 5: Análisis cruzado de casos recolectados.

Factor de Desviación / Casos	1	2	3	6	Evaluación
<b>P1. Participación de altos cargos</b>	No hubo la participación adecuada de todos los interesados, en especial de los altos cargos	No hubo la participación adecuada de todos los interesados, en especial de los altos cargos	No hubo la participación adecuada de todos los interesados, en especial de los altos cargos	No hubo la participación adecuada de todos los interesados, en especial de los altos cargos	Verificado.
<b>P2. Precisión en las Especificaciones</b>	Las especificaciones técnicas fueron elaboradas por empresa experta proveedora de tecnologías de automatización	Se apoyaron de empresas especialistas externos pertenecientes a una empresa proveedora de tecnologías de automatización para definir los aspectos técnicos del proyecto	Especificaciones técnicas que fueron laboriosas de seguir	No contaban con los conocimientos técnicos mínimos para delimitar adecuadamente el alcance	No verificado.
<b>P3. Comunicación interna</b>	Comunicación medianamente fluida y adecuada, gracias a que los involucrados tenían claridad de las tareas	La comunicación interna no era lo adecuado para un proyecto de gran envergadura	Muchas fallas en la comunicación con otras áreas que permitieron un desfase de las actividades	Usan muchos medios para la comunicación, pero no lograban unificar las ideas del proyecto	Verificado.
<b>P4. Familiaridad Tecnológica</b>	Los aspectos técnicos se lograron controlar	Se logró controlar medianamente al contar con empresas especialistas	El personal técnico no fue el más especializado o con experiencia para seguir el ritmo del proyecto	Hace mención a la falta de documentos técnicos actualizados y personal para actualizarlos	Verificado.

Tabla 6: Análisis cruzado de las propuestas de desviación

Proposición	1	2	3	6
<b>P1. La baja participación de los altos cargos en el proyecto genera desviación del alcance</b>	Medianamente	Medianamente	Si	Si
<b>P2. Menor detalle en las especificaciones de un proyecto genera desvío del alcance</b>	Si	Si	Si	Si
<b>P3. Una mala gestión de las comunicaciones del proyecto genera desviación del alcance</b>	Si	Si	Medianamente	Si
<b>P4. Una baja familiaridad con la tecnología genera desviación del alcance</b>	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Si



## 5 Discusión

De los resultados mostrados, se presenta a continuación la discusión de los resultados obtenidos y las proposiciones presentadas para cada uno de los casos estudiados, analizando los factores que contribuyeron a la desviación del alcance en los proyectos de implementación de Sistemas de Control Distribuido (DCS) en empresas industriales peruanas. De las cuatro proposiciones se validan 3 en su totalidad y 1 se valida parcialmente.

### 5.1 Proposición 1: La baja participación de los altos cargos de la empresa en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance

La investigación revela consistentemente que la limitada participación de los niveles directivos en la gestión de los proyectos analizados constituyó un factor determinante en la desviación del alcance. Este hallazgo verifica la Proposición 1, sustentada teóricamente por Harrys, Shaw y Sommers (1983), quienes advierten que la delegación excesiva de decisiones tecnológicas a niveles medios reduce el control estratégico. En los casos analizados, esta situación se manifestó de diversas formas:

En la Empresa 1, aunque el equipo técnico demostró competencia en la ejecución, la falta de alineación con la alta dirección generó inconsistencias en la comprensión de los requerimientos de infraestructura. Este fenómeno coincide con lo señalado por Atkinson et al. (2006) respecto a que la participación activa de los stakeholders es fundamental para garantizar una correcta identificación de necesidades. Situaciones similares se observaron en las Empresas 2 y 3, donde la ausencia de supervisión directiva derivó en modificaciones no planificadas y asignación inadecuada de recursos, tal como lo anticipaban Repenning y Sterman (2002) al destacar el rol legitimador de la alta dirección en procesos complejos.

El caso más crítico fue el de la Empresa 6, donde los excesivos procesos burocráticos de aprobación, combinados con la falta de agilidad en la toma de decisiones estratégicas, generaron retrasos significativos. Este resultado refuerza el planteamiento de Kumari y Pillai (2014) sobre la necesidad de involucrar activamente a los altos cargos para evitar cuellos de botella en la ejecución.

### 5.2 Proposición 2: Menor detalle en las especificaciones de un proyecto de implementación de DCS, genera desvío del alcance

El estudio demuestra que la calidad de las especificaciones técnicas iniciales incide directamente en la probabilidad de desviación del alcance, verificando así totalmente la Proposición 2. Como señalan Jia & Capretz (2017), la complejidad inherente a los sistemas DCS exige una cuidadosa definición de requisitos, particularmente cuando existen múltiples disciplinas involucradas.

En la Empresa 1, aunque las especificaciones fueron elaboradas por especialistas externos, se presentaron discrepancias en aspectos de infraestructura TI, lo que generó retrabajos. Este caso ilustra lo planteado por Alami (2016) respecto a que incluso con apoyo experto, la falta de claridad inicial puede comprometer el éxito del proyecto. Situación más crítica se observó en las Empresas 3 y 6, donde la ambigüedad en los requerimientos técnicos obligó a redefiniciones durante la ejecución, aumentando costos y plazos, tal como lo anticipan Dekkers y Forselius (2007) al destacar la importancia de documentación completa desde las etapas iniciales.

Un hallazgo relevante emergió en el caso de la Empresa 2, donde pese a contar con especificaciones precisas en automatización, las inconsistencias surgieron en la interfaz con otras disciplinas (civil, eléctrica). Esto sugiere, en línea con lo expuesto por Alami (2016), que en

proyectos multidisciplinarios la integración de especificaciones requiere especial atención para evitar brechas entre áreas.

### 5.3 Proposición 3: Una mala gestión de las comunicaciones internas en el proyecto de implementación de DCS, genera desviación del alcance

Los resultados obtenidos confirman la Proposición 3 respecto al impacto de la comunicación en la gestión del alcance. Como sostiene Phua (2005), la calidad de la interacción entre los actores del proyecto resulta determinante para su éxito.

En la Empresa 1 se evidenció una paradoja: mientras la comunicación entre equipos técnicos fue fluida, existieron brechas significativas con los niveles directivos. Esta situación refleja lo señalado por Ziek y Anderson (2015) sobre la necesidad de mantener canales de comunicación tanto horizontales como verticales. Caso más complejo fue el de la Empresa 2, donde la falta de coordinación entre disciplinas generó retrasos, confirmando lo expuesto por Daghfous (2004) acerca de que la interacción insuficiente entre áreas dificulta la transferencia de conocimiento.

Un hallazgo particular se dio en la Empresa 6, donde pese a utilizar múltiples medios de comunicación, no se logró unificar criterios. Este resultado refuerza el planteamiento de Phua (2005) sobre la importancia de estandarizar los canales y protocolos de comunicación, más allá de la mera disponibilidad de herramientas.

### 5.4 Proposición 4: Una baja familiaridad con la tecnología DCS, genera desviación del alcance en el proyecto

El análisis de la Proposición 4 revela matices interesantes respecto al rol del conocimiento técnico interno. Como señala Lall (1992), la falta de experiencia en la tecnología específica dificulta la anticipación de riesgos, situación claramente observable en los casos de las Empresas 3 y 6.

No obstante, el caso de la Empresa 2 demostró que este factor puede mitigarse mediante el apoyo de consultores externos, validando lo expuesto por Kim (1997) sobre que el conocimiento tecnológico puede construirse a través de alianzas estratégicas. En la Empresa 1 se presentó una situación particular donde, pese a contar con personal calificado, la desconexión con los niveles estratégicos limitó el aprovechamiento de este capital humano, coincidiendo con lo planteado por Perez y Freeman (1988) sobre la necesidad de alinear el conocimiento técnico con la visión estratégica. La proposición se verifica parcialmente.

### 5.5 Pregunta de investigación

La investigación desarrollada permite responder a la pregunta central:

*¿Cómo ocurre la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú?*

En los proyectos de implementación de DCS estudiados que fueron desarrollados del 2019 al 2023 se ha observado que la desviación del alcance ocurrió durante la fase inicial...

*¿Por qué ocurre la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú?*

La desviación del alcance en proyectos DCS en el Perú ocurre principalmente por una combinación de: (1) desconexión entre la alta dirección y los equipos técnicos, (2) deficiencias en la especificación inicial de requisitos, (3) fallas en los mecanismos de comunicación organizacional, y (4) asimetrías en el conocimiento tecnológico. Estos factores interactúan con

características propias del contexto empresarial peruano, particularmente en sectores industriales tradicionales que están adoptando estas tecnologías.

Los hallazgos sugieren que la desviación no es un evento puntual, sino un proceso acumulativo que comienza en las etapas iniciales del proyecto y se agrava durante la ejecución. Esto refuerza la necesidad de implementar mecanismos de gobernanza más robustos desde la fase de planificación, con especial énfasis en la integración de perspectivas técnicas y estratégicas



## 6 Limitaciones del estudio

Como en toda investigación de carácter cualitativo, el presente estudio presenta una serie de limitaciones que deben ser reconocidas para contextualizar adecuadamente el alcance de los hallazgos y evitar sobre interpretaciones. Estas limitaciones no invalidan los resultados obtenidos, pero sí delimitan su aplicabilidad y generalización, al tiempo que abren oportunidades para investigaciones futuras. A continuación, se detallan las principales limitaciones observadas:

### 6.1 Limitaciones del diseño metodológico

Este estudio se basó en un enfoque cualitativo exploratorio, utilizando entrevistas semiestructuradas como técnica principal de recolección de datos. Si bien esta metodología es adecuada para comprender fenómenos complejos desde la perspectiva de los actores, también conlleva una menor capacidad de generalización estadística. De acuerdo con Merriam y Tisdell (2016), los estudios cualitativos no buscan producir resultados extrapolables a grandes poblaciones, sino generar comprensiones profundas, contextualizadas y teóricamente fundadas. No obstante, el número limitado de casos (cuatro) y la ausencia de otras técnicas complementarias (como encuestas cuantitativas) restringen el espectro de análisis y limitan la posibilidad de establecer inferencias más amplias.

### 6.2 Posible sesgo del investigador

El proceso de codificación y análisis fue realizado por un solo investigador, lo que introduce la posibilidad de sesgos interpretativos en la selección y categorización de la información. Aunque se utilizaron estrategias como la codificación mixta (deductiva e inductiva) y el uso de software especializado (Dedoose) para estructurar el análisis de forma sistemática, la falta de validación externa del proceso (por ejemplo, mediante revisión entre pares o codificación múltiple) constituye una debilidad metodológica. Como advierten Lincoln y Guba (1985), la credibilidad de un estudio cualitativo depende, entre otros factores, de la capacidad del investigador para transparentar sus decisiones analíticas y reconocer sus posibles influencias subjetivas.

### 6.3 Limitada representatividad de los casos

Los casos seleccionados para esta investigación presentan una concentración sectorial y tecnológica significativa. En primer lugar, todos fueron desarrollados por un mismo proveedor de sistemas DCS, lo que implica un enfoque técnico homogéneo y posiblemente sesgado hacia determinadas prácticas de gestión. En segundo lugar, las empresas analizadas pertenecen principalmente al sector agroindustrial, lo que limita la diversidad organizacional y sectorial del estudio. Esta situación restringe la validez externa de los hallazgos, entendida como la posibilidad de aplicar los resultados a contextos diferentes (Yin, 2018).

Si bien esta concentración permitió identificar patrones comunes con mayor claridad, también implica que los resultados podrían no ser representativos de otros sectores industriales como minería, energía o petroquímica, donde los proyectos de automatización tienen características distintas en cuanto a escala, regulación y nivel tecnológico. Por tanto, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el espectro de casos incluyendo distintas industrias, proveedores y modelos organizacionales.

## 7 Propuesta

Los hallazgos obtenidos en los casos analizados evidencian patrones recurrentes en las causas de desviación del alcance en proyectos de implementación de sistemas de control distribuido (DCS), particularmente en entornos industriales donde existen limitaciones técnicas, organizacionales y estratégicas. Estas desviaciones, más allá de responder a eventos imprevistos, se relacionan con deficiencias en la gestión inicial del alcance, la falta de alineamiento interfuncional, y una gobernanza débil del proyecto.

En este contexto, se plantea una propuesta integral orientada a fortalecer la gestión del alcance en proyectos DCS, especialmente en organizaciones del sector agroindustrial o con condiciones organizacionales similares. La propuesta se estructura en tres componentes complementarios:

1. Una matriz de acciones correctivas y preventivas, basada en los factores críticos observados.
2. Un protocolo de gobernanza para proyectos DCS, que establezca estructuras, flujos de decisión y mecanismos de seguimiento.
3. Un modelo conceptual aplicado que articule los elementos estratégicos, técnicos y organizacionales necesarios para una gestión efectiva del alcance.

### 7.1 Matriz de acciones correctivas y preventivas

La siguiente matriz resume las acciones recomendadas para abordar las causas más frecuentes de desviación del alcance, categorizadas según los factores identificados en el análisis de casos. Estas acciones pueden servir como herramienta de consulta para comités de proyecto, equipos de ingeniería y unidades de gestión.

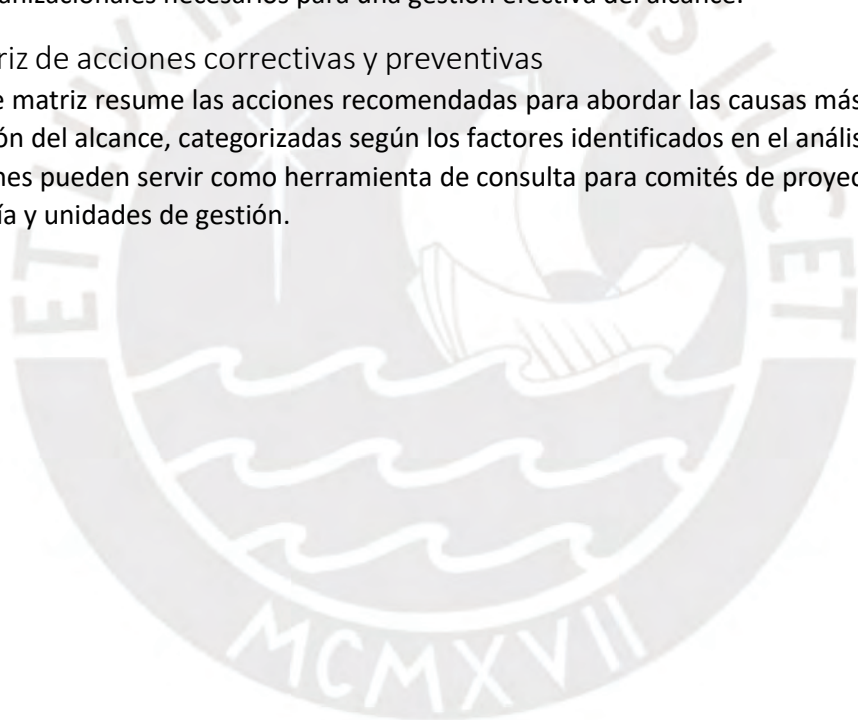
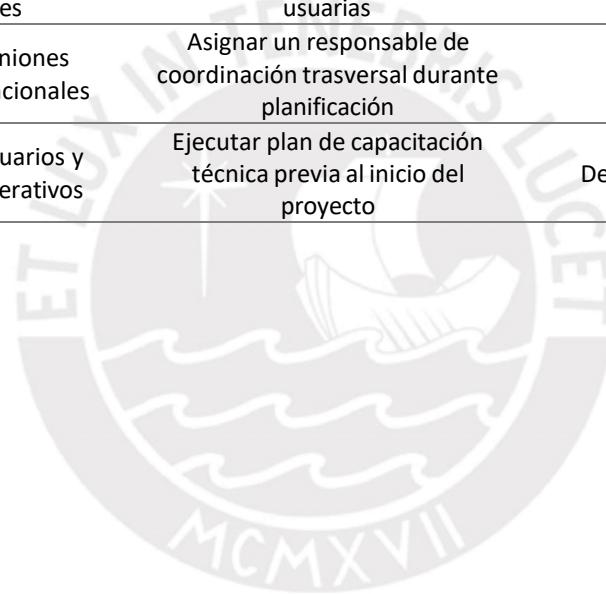


Tabla 7: Matriz de acciones correctivas y preventivas

Factor crítico	Acción correctiva	Acción preventiva	Responsable sugerido	Indicador de control
<b>Participación limitada de la alta dirección</b>	Incluir retrospectivamente a la gerencia en decisiones técnicas	Involucrar a la alta dirección desde la fase de definición de alcance	Sponsor / Gerente de proyecto	Participación en hitos (% de asistencia)
<b>Especificaciones técnicas incompletas</b>	Validar técnicamente el diseño con usuarios y proveedores	Desarrollar matriz de requisitos funcionales revisada por áreas usuarias	Ingeniería de procesos	Número de ajustes post-planificación
<b>Comunicación deficiente entre áreas</b>	Establecer reuniones técnicas interfuncionales	Asignar un responsable de coordinación trasversal durante planificación	Líder técnico / PMO	Incidencias documentadas por malentendidos
<b>Bajo dominio técnico del sistema de control</b>	Reentrenar a usuarios y responsables operativos	Ejecutar plan de capacitación técnica previa al inicio del proyecto	Departamento de formación	% de personal capacitado antes del arranque



## 7.2 Protocolo de gobernanza para proyectos DCS

A partir de las limitaciones observadas en la toma de decisiones, seguimiento técnico y control del alcance, se propone establecer un protocolo de gobernanza estructurado en tres fases clave:

### Fase 1: Inicio y planificación

- Designación formal del sponsor del proyecto y de los responsables funcionales.
- Definición de objetivos estratégicos del proyecto y criterios de éxito.
- Aprobación documentada del alcance técnico validado por todos los involucrados.

### Fase 2: Ejecución y control

- Reuniones de revisión periódicas (técnicas y gerenciales) para evaluar el avance real frente al alcance comprometido.
- Registro de cambios formalizado, con análisis de impacto técnico, económico y operativo.
- Mecanismos de escalamiento de conflictos técnicos o decisiones críticas al comité de gobernanza.

### Fase 3: Cierre

- Revisión formal del cumplimiento del alcance, tanto técnico como funcional.
- Lecciones aprendidas institucionalizadas, con retroalimentación al proveedor y a los usuarios internos.
- Evaluación del desempeño del equipo de proyecto, tanto interno como externo.

Este protocolo responde a las recomendaciones del PMBOK® Guide (PMI, 2021), que subraya la importancia de establecer marcos de gobernanza adaptables, que aseguren control sin burocratizar el proyecto. Asimismo, Kerzner (2017) sostiene que la gobernanza es fundamental para alinear el comportamiento del equipo con los objetivos estratégicos y minimizar desviaciones que comprometan el valor esperado.

## 7.3 Modelo conceptual aplicado a la gestión del alcance

Luego de estudiar y analizar proyectos de implementación de DCS en empresas del Perú, se presenta una propuesta que permita minimizar las desviaciones de alcance.

1. Participación Activa de los Altos Cargos  
Objetivo: Garantizar que la alta dirección esté involucrada en la toma de decisiones estratégicas y en la supervisión del proyecto.  
Acciones: Establecer un comité directivo con representantes de la alta gerencia para supervisar el proyecto.  
Realizar reuniones periódicas entre los equipos técnicos y los altos cargos para alinear expectativas y objetivos.  
Definir claramente los roles y responsabilidades de los líderes del proyecto, incluyendo su participación en revisiones clave.
2. Precisión en las Especificaciones Técnicas  
Objetivo: Asegurar que los requisitos técnicos estén bien definidos desde el inicio del proyecto.  
Acciones: Involucrar a especialistas técnicos internos y externos en la fase de planificación para elaborar especificaciones detalladas.

- Realizar un análisis exhaustivo de las necesidades del cliente y documentar todos los requisitos en un documento de alcance firmado por ambas partes.
- Utilizar herramientas de gestión de requisitos para mantener un registro actualizado y accesible de las especificaciones.
3. Mejora de la Comunicación Interna  
Objetivo: Establecer canales de comunicación efectivos entre todas las partes involucradas.  
Acciones: Implementar un plan de comunicación que incluya reuniones periódicas, informes de progreso y canales claros para la escalación de problemas.  
Fomentar la colaboración interdisciplinaria mediante herramientas de gestión de proyectos (ej. Microsoft Teams, Trello, Jira).  
Designar un coordinador de comunicación responsable de asegurar que la información fluya entre los equipos técnicos, gerenciales y los stakeholders.
  4. Familiaridad con la Tecnología DCS  
Objetivo: Fortalecer el conocimiento técnico del equipo interno sobre los sistemas DCS.  
Acciones: Proporcionar capacitaciones y certificaciones al personal técnico y gerencial sobre las tecnologías DCS.  
Colaborar con proveedores y consultores externos para transferir conocimiento durante la implementación del proyecto.  
Documentar lecciones aprendidas y mejores prácticas para futuros proyectos.
  5. Gestión de Riesgos y Cambios  
Objetivo: Anticipar y mitigar riesgos que puedan generar desviaciones.  
Acciones: Realizar un análisis de riesgos durante la fase de planificación e identificar posibles contingencias.  
Establecer un proceso formal para la gestión de cambios, incluyendo la evaluación de impacto en costo, tiempo y alcance.  
Asignar un presupuesto adicional para cubrir imprevistos.
  6. Monitoreo y Control Continuo  
Objetivo: Mantener el proyecto alineado con los objetivos iniciales.  
Acciones: Utilizar métricas clave (KPI) para medir el progreso del proyecto y detectar desviaciones tempranas.  
Realizar revisiones periódicas del alcance, cronograma y presupuesto.  
Implementar herramientas de seguimiento en tiempo real (ej. dashboards) para visualizar el estado del proyecto.

#### Resumen de la Estrategia:

1. Involucrar a la alta dirección en la supervisión estratégica.
2. Definir especificaciones técnicas claras desde el inicio.
3. Mejorar la comunicación interna con protocolos estandarizados.
4. Capacitar al equipo en tecnologías DCS.
5. Gestionar proactivamente riesgos y cambios.
6. Monitorear el progreso con herramientas y métricas adecuadas.

La figura 9, muestra la estrategia planteada para minimizar las desviaciones del alcance en los proyectos de automatización en el Perú.

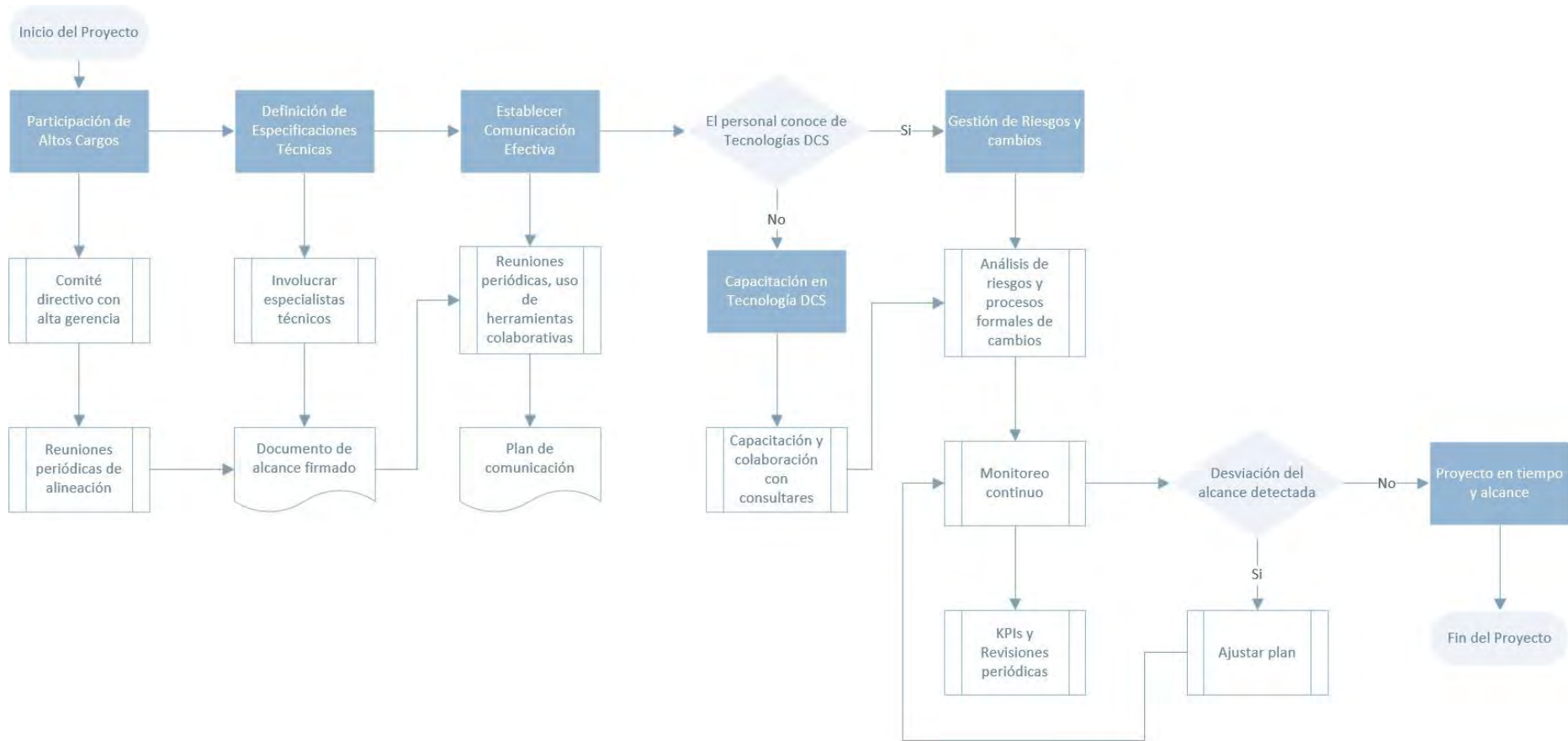
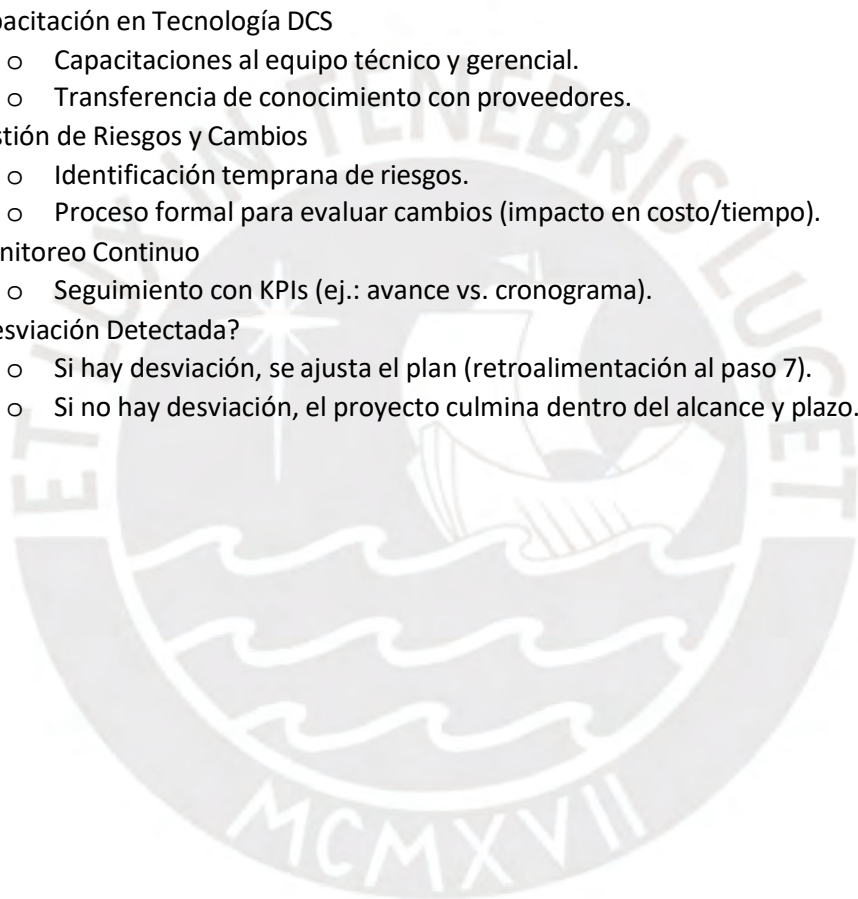


Figura 10: Flujo de la estrategia propuesta

#### Explicación del Diagrama:

- Inicio del Proyecto
  - Se activa la estrategia desde el lanzamiento del proyecto.
- Participación de Altos Cargos
  - Se forma un comité directivo con gerentes clave.
  - Reuniones periódicas para alinear objetivos estratégicos.
- Definición de Especificaciones Técnicas
  - Especialistas internos/externos elaboran requisitos detallados.
  - Se firma un documento de alcance para evitar ambigüedades.
- Comunicación Efectiva
  - Implementación de un plan de comunicación (reuniones, informes).
  - Uso de herramientas como Teams o Meet para coordinación.
- Capacitación en Tecnología DCS
  - Capacitaciones al equipo técnico y gerencial.
  - Transferencia de conocimiento con proveedores.
- Gestión de Riesgos y Cambios
  - Identificación temprana de riesgos.
  - Proceso formal para evaluar cambios (impacto en costo/tiempo).
- Monitoreo Continuo
  - Seguimiento con KPIs (ej.: avance vs. cronograma).
- ¿Desviación Detectada?
  - Si hay desviación, se ajusta el plan (retroalimentación al paso 7).
  - Si no hay desviación, el proyecto culmina dentro del alcance y plazo.



## 8 Conclusiones

La presente tesis tuvo como objetivo analizar el proceso de desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú. A partir de ello, se presenta las siguientes conclusiones:

1. La investigación confirma que la desviación del alcance en proyectos de implementación de DCS en el Perú no es un fenómeno aislado ni azaroso, sino el resultado de una interacción sistémica de factores organizacionales, técnicos y humanos. Estas desviaciones ocurren típicamente por una pobre gestión en las primeras fases del proyecto: cuando se delegan decisiones críticas, se subestima la complejidad técnica o se apresuran definiciones sin comprender las implicancias reales. Esta tesis proporciona evidencia cualitativa valiosa que permite mapear cómo estos factores se manifiestan en proyectos reales, alineándose con lo observado en campo: que las desviaciones son prevenibles si se gestiona bien el inicio del proyecto.
2. La revisión conceptual ha permitido consolidar un marco de referencia que distingue claramente el alcance técnico, organizacional y funcional de un proyecto de implementación de DCS. El contraste con la práctica ha dejado en evidencia que muchas organizaciones carecen de una cultura formalizada de gestión del alcance, y tienden a confundir el alcance con una simple lista de entregables. Esto ha sido una causa común de fallos, cuando no se define con claridad qué incluye y qué excluye el proyecto.
3. Esta tesis ha identificado cuatro factores críticos, los que, combinados o aislados, han impactado negativamente los proyectos. Por ejemplo, cuando una empresa no comprende cómo opera la tecnología DCS, no puede validar si lo que se le está entregando cumple o no con lo requerido. Esta tesis no solo recoge estos hallazgos, sino que los valida empíricamente con casos locales, lo cual la hace particularmente útil en contextos industriales del Perú.
4. La participación de los altos cargos sigue siendo una deuda estructural en los proyectos de automatización. La experiencia indica que cuando la alta dirección no asume un rol activo y estratégico desde la definición del proyecto, se generan vacíos de liderazgo que terminan trasladando decisiones críticas a niveles tácticos sin el respaldo suficiente. Esta desconexión genera desviaciones en los alcances por falta de alineamiento entre los objetivos técnicos y las prioridades organizacionales. Lo observado en los casos analizados corrobora una realidad común: la automatización no puede ser solo una decisión técnica, debe ser una apuesta corporativa.
5. Las especificaciones técnicas insuficientes o poco validadas son uno de los mayores detonantes de desviaciones. En la práctica, cuando no se invierte el tiempo necesario en documentar con precisión el alcance funcional y técnico, y en involucrar a todos los actores que tienen conocimiento del proceso, se termina diseñando una solución que no responde a las condiciones reales del entorno operativo. Como ha sucedido en muchos proyectos, estas lagunas de información generan retrabajos, ampliaciones no previstas y sobrecostos que podrían haberse evitado con una ingeniería conceptual y básica bien definida y consensuada.
6. La comunicación, especialmente en proyectos multidisciplinarios, es relevante. No basta con tener canales abiertos, sino que se requiere una arquitectura de comunicación clara,

estructurada y ejecutada con disciplina. En los proyectos estudiados, los conflictos más costosos no surgieron por errores técnicos, sino por malentendidos entre áreas que trabajaban en silos. En los casos analizados, esta desconexión comunicacional interna se tradujo en desfases, superposición de tareas y decisiones contradictorias que alteraron el desarrollo del proyecto.

7. La baja familiaridad tecnológica de las empresas con tecnologías DCS impacta directamente la calidad del control del alcance. Los proyectos exitosos se distinguieron por empresas que tenían una base sólida para entender las implicancias de la tecnología DCS. Por el contrario, cuando las empresas desconocen las capacidades y limitaciones de la tecnología, terminan solicitando cambios fuera de alcance o malinterpretando los entregables, lo cual alimenta el ciclo de desviación. En los casos de mi investigación, esta brecha de conocimiento obligó a recurrir a consultores externos, aumentando la dependencia y los riesgos.
8. La estructura jerárquica de las empresas industriales peruanas y la escasa cultura de gestión de proyectos tecnológicos agravan las desviaciones. Además, la limitada oferta local de especialistas en tecnología DCS obliga a recurrir a proveedores globales, introduciendo complejidades en plazos y costos.
9. Las desviaciones del alcance no son fallas fortuitas, sino síntomas de una gestión inadecuada del inicio del proyecto. Las desviaciones más graves no se originan en la etapa de ejecución, sino en la falta de rigurosidad al definir, alinear y comunicar lo que se espera del proyecto.
10. Las organizaciones deben profesionalizar la gestión del alcance en automatización industrial. La propuesta de esta tesis apunta en la dirección correcta: desarrollar una metodología que incorpora desde la etapa de viabilidad la participación de la alta dirección, la elaboración de especificaciones basadas en conocimiento del proceso, una gestión de comunicaciones estructurada y una estrategia de formación tecnológica para los stakeholders clave.
11. La estrategia presentada (participación directiva, especificaciones detalladas, comunicación estandarizada, capacitación, gestión de riesgos y monitoreo continuo) aborda sistemáticamente los factores críticos. Su implementación requiere compromiso organizacional y adaptación a la madurez tecnológica de cada empresa.
12. Se recomienda que futuros trabajos desarrollen modelos predictivos e indicadores tempranos para anticipar desviaciones del alcance en proyectos, basados en los factores críticos identificados. Además, sería valioso complementar con estudios cuantitativos, elaborar guías metodológicas adaptadas al contexto peruano y explorar tecnologías digitales como IA aplicada a la gestión de proyectos. También se sugiere analizar el impacto del liderazgo y la cultura organizacional en la gestión del alcance. Estas líneas de investigación fortalecerían la planificación y ejecución de proyectos de automatización industrial en el país.
13. Para fortalecer la validez de los resultados y su aplicabilidad a otros contextos, se recomienda también que se amplíe la muestra a proyectos realizados por otros

proveedores tecnológicos nacionales, que se incluyan empresas de sectores estratégicos como minería, petróleo y gas donde proyectos DCS presentan mayores niveles de complejidad, integración y control regulatorio. Finalmente consideren contextos multinacionales o comparaciones entre diferentes regiones del país para observar posibles influencias geográficas o institucionales. De este modo, se podrá identificar similitudes y divergencias en los factores que generan desviaciones del alcance, contribuyendo al desarrollo de modelos más generales y robustos para la gestión de proyectos de automatización industrial.



## 9 Referencias

- ABB. (s.f.). *System 800xA*. Recuperado de <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa>
- Ajmal, Mian; Khan, Mehmood; Al-Yafei, Hanan (2019), "Exploring factors behind project scope creep – stakeholders' perspective". En: *IJMPB* 13 (3), pág. 483-504
- Alami, A. (2016), "Why do information technology projects fail?"  
<https://doi-org.adu-libdatabase.idm.oclc.org/10.1016/j.procs.2016.09.124>
- Amoatey, C.; Anson, B. (2017), "Investigating the major causes of scope creep in real estate construction projects in Ghana", *Journal of Facilities Management* En: *JFM* 15 (4), pag 393-408
- Anderson, V. (2017). "Criteria for Evaluating Qualitative Research. *Human Resource Development Quarterly*", 28(2), 125–133. doi:10.1002/hrdq.21282
- Anderson, V. (2017). "Research Methods in Human Resource Management: Investigating a Business Issue". Kogan Page.
- Astrom, K. J., & Kumar, P. R. (2014). "*Computer Controlled Systems—Theory and Design*". En *Automatica* (pp. 3–43). Pergamon.
- Atkinson, R.; Crawford, L.; Ward, S. (2006), "Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management", *International Journal of Project Management*, Vol. 24 No. 8, pp. 687-698.
- Barbosa, G.; Carvalho, J.; Filho, E. (2014), "A proper framework for design of aircraft production system based on lean manufacturing principles focusing to automated processes", Engineering School of São Carlos, University of Sao Paulo (USP)
- Bell, M. (1984). "Learning" and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In K. King & M. Fransman (Eds.), *Technological Capability in the Third World*. London: Macmillan.
- Bihu, R. (2024). "*Qualitative Data Analysis: Novelty in Deductive and Inductive Coding. Advance: Journal of Qualitative Methods*". <https://doi.org/10.31124/advance.24143088.v1>
- Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers* (6ta ed.). Newnes.
- Bryman, A. (2012). "Social Research Methods. Oxford University Press".
- Cecílio, J., & Furtado, P. (2014). *Distributed Control System Operations*. En *Wireless Sensors in Industrial Time-Critical Environments* (pp. 19–26). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02889-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02889-7_3)
- Creswell, J. W. (2013). "Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches" (3rd ed.). SAGE Publications.
- Daghfous, A. (2004). "*Knowledge Management as an Organisational Innovation: An Absorptive Capacity Perspective and a Case Study*". *International Journal of Innovation and Learning*, 1(4), 409–422. <https://doi.org/10.1504/IJIL.2004.005501> [revistaespacios.com](http://revistaespacios.com)+12

- Dahlman, C., Ross-Larson, B., & Westphal, L. (1987). "Managing technological development: Lessons from the newly industrializing countries". *World Development*, 15(6), 759–775
- Daniels, L. (2000), "Managing the product requirements definition process", Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, Project Management Institute, Newtown Square, PA, pp. 20-40.
- Dekkers, C.; Forselius, P. (2007), "Increase ICT project success with concrete scope management", 33rd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, Lubeck, 28-31 Agosto, pp. 385-392.
- Denzin, N. K. (1978). *"The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods"* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2017). *"The SAGE Handbook of Qualitative Research (5th ed.)"*. SAGE Publications.
- Enos, J. L. (1991). *"The Creation of Technological Capability in Developing Countries"*. London: Pinter.
- Ferrada, X.; Serpell, A. (2013), "Using organizational knowledge for the selection of construction methods", *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 6 No. 3, pp. 606-614.
- Groover, M. P. (2010). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (3ra ed.). Prentice Hall.
- Gurlen, S. (2003), "Scope Creep". Retrieved May 8, 2015, from Scope Creep [http://www.umsl.edu/~sauterv/analysis/6840\\_f03\\_papers/gurlen/](http://www.umsl.edu/~sauterv/analysis/6840_f03_papers/gurlen/)
- Helms, H. (2012), "In defense of Scope Creep". Retrieved May 20, 2015, from A list Apart. <http://alistapart.com/article/scopecreep>
- Hussain, O. (2012), "Direct cost of scope creep in governmental construction projects in Qatar", *Global Journal of Management and Business Research*, Vol. 12 No. 14, pp. 73-83
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), "Perú: Tecnologías de Información y Comunicaciones en las Empresas", Encuesta Económica Anual 2019, Diciembre [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1815/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1815/libro.pdf)
- Integrated Management Systems (2007), "Scope creep – a lethal project disease thoughts on prevention and cure" [www.imsi-pm.com/home/imsipapers.html](http://www.imsi-pm.com/home/imsipapers.html)
- Jia, J., & Capretz, L. F. (2017). "Direct and mediating influences of user-developer perception gaps in requirements understanding on user participation". *Empirical Software Engineering*.
- Kalpakjian, S; Schmid, S.R. (2013), "Manufactura, ingeniería y tecnología", Pearson 5ta Edición, Cap.37, pag. 1144 – 1190 <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24784w/Manufactura%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%205ed%20Kalpakjian-1175-1221.pdf>

- Katzel, Jeanine (2012). "The evolution of the HMI." *Control Engineering*, vol. 59, no. 10, pp. 52+. Gale Academic OneFile
- Khazanchi, S., Lewis, M. W., & Boyer, K. K. (2007). "Innovation-supportive culture: The impact of organizational values on process innovation". *Journal of Operations Management*, 25(4), 871–884. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.08.003>
- Kerzner, H. (2017). "Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling" (12th ed.). John Wiley & Sons.
- Kim, L. (1997). "Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning". Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Komal, B., Janjua, U. I., Anwar, F., Madni, M., Cheema, M. F., Malik, M. N., ... Shahid, A. R. (2020). *The Impact of Scope Creep on Project Success: An Empirical Investigation. IEEE Access*, 8, 1–18. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007098>
- Kumari, N.; Pillai, A.S. (2014), "A study on project scope as a requirements elicitation issue", International Conference on Computing for Sustainable Global Development, Delhi, 16-18 Marzo
- Lall, S. (1992). "Technological capabilities and industrialization". *World Development*, 20(2), 165–186.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). "Naturalistic Inquiry". SAGE Publications.
- López, O. (2011), "Diseño de un control distribuido para una planta", Escola Tecnica Superior Enginyeria, Universitat Rovira I Virgili, Paginas 236, Disponible: <http://sauron.etse.urv.es/public/PROPOSTES/pub/pdf/1724pub.pdf>
- López, A. (2020). *La evolución de la automatización industrial en el Perú: El rol de los sistemas DCS*. En *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería* (pp. 102–115). Lima, Perú
- MarketsandMarkets. (2022), "Industrial Automation Market by Component (Industrial Sensors, Industrial Robots, Machine Vision Systems), Solutions (SCADA, PLC, DCS, MES, Industrial Safety), Industry (Process, and Discrete), and Region - Global Forecast to 2027", Septiembre, Paginas: 335, Report code: SE 2505  
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-automation-market-541.html>
- MarketsandMarkets (2022), "System Integrator Market for Industrial Automation - Global forecast to 2027", Noviembre, Paginas: 219, Report code: ASDR-611852  
<https://www.asdreports.com/market-research-report-611852/system-integrator-market-industrial-automation-global-forecast>
- Martin, B. L., Batchelder, G., Newcomb, J., Rockart, J. F., Yetter, W. P., & Grossman, J. H. (1995). "The end of delegation? Information technology and the CEO". *Harvard Business Review*, September–October, 122–134.
- Mayring, P. (2019), "Qualitative Content Analysis: Demarcation, Varieties, Developments", Volume 20, No. 3, Art. 16  
<https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/3343/4557>

- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). "Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation" (4th ed.). Jossey-Bass.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). "Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criterion". *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Parisi, M. (2011), "Managing Scope Creep with Design Patterns in Formal Specifications", *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, Vol. 5 No. 1, Enero
- Pavitt, K. (1987). "Technological learning, technology strategy and competitiveness". In D. Teece (Ed.), *The Competitive Challenge*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Pavlović, S., & Stojić, D. (2022). "Modeling and Analysis of Distributed Control Systems: Proposal of a Methodology". *Processes*, 12(1), 5. <https://doi.org/10.3390/précis>
- Perez, C., & Freeman, C. (1988). "Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour". In G. Dosi et al. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Phua, F.T.T. (2005), "Determining the relationship between fee structure and project performance between firms: an empirical study based on institutional and task environment perspectives", *Construction Management and Economics*, Vol. 23 No. 1, pp. 45-56
- PMI. (2021). "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)". Project Management Institute.
- Project Management Institute (2017). "A Guide to the Project Management Body of Knowledge", PMBOOK Guide 6th ed. Project Management Institute Inc.
- Research and Markets. (2022, agosto 2). "Global Distributed Control Systems Growth Opportunities Report 2022–2026". Research and Markets
- Rockwell Automation. (s.f.). *PlantPax Distributed Control System*. Recuperado de <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/control-system-software/plantpax.html>
- Rockwell Automation (2016), "Human Machine Interfaces for Distributed Control Systems", PROCES-WP016A, Enero, páginas 10
- Rockwell Automation (2019), "Process HMI Style Guide, White Paper", PROCES-WP023A, Mayo, páginas 56
- Rockwell Automation (2021), "Estrategia de modernización e implementación del DCS", PROCES-WP006C, Enero, páginas 13
- Seclén Luna, JP (2015). "Retos para la industria peruana en el siglo XXI", Pontificia Universidad Católica del Perú, Revista Enfoque
- [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/2402/Seclen\\_Jean.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/2402/Seclen_Jean.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- Siemens Digital Industries Software. (s.f.). *SIMATIC PCS 7*. Recuperado de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/automation/simatic-pcs-7/>
- Stake, R. E. (2006). "Multiple Case Study Analysis". Guilford Press.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). "Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory" (2nd ed.). SAGE Publications.
- Topcuoglu, R., & Van de Wouw, N. (2023). *Distributed Control of Cyber Physical System on Various Domains: A Critical Review*. *Systems*, 11(4), 208. <https://doi.org/10.3390/systems11040208>
- Tsiga, Z.; Emes, M.; Smith, A. (2017), "Critical success factors for projects in the petroleum industry", *Procedia Computer Science*, Vol. 121 No. 1, pp. 224-231
- Trentesaux, D. (2017). "Data-driven modeling and real-time distributed control for energy efficient manufacturing systems". *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 64, 184–197.
- Turner, J. R. (2009). "The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations" (3rd ed.). McGraw-Hill Professional.
- Villalba, E.J. (2019), "Desarrollo y Análisis de un Sistema DCS y Protocolos Industriales", Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, páginas 145
- Winter, M.; Smith, C.; Morris, P.; Cicmil, S. (2006), "Directions for future research in project management: the main findings of a UK government-funded research network", <https://doi-org.adulib-database.idm.oclc.org/10.1016/j.ijproman.2006.08.009>
- Yin, R. K. (2018). "Case Study Research and Applications: Design and Methods (6th ed.)". SAGE Publications.
- Yokogawa Electric Corporation (2023), *Distributed Control System (DCS)* <https://www.yokogawa.com/mx/solutions/products-and-services/control/control-and-safety-system/distributed-control-systems-dcs/#Detalles>
- Yousuf, M., Alsuwian, T., Amin, A. A., Fareed, S., & Hamza, M. (2024). "IoT-based health monitoring and fault detection of industrial AC induction motor for efficient predictive maintenance". *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. <https://doi.org/10.1177/00202940241231473>
- Ziek, P.; Anderson, J.D. (2015), "Communication, dialogue and project management", *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 8 No. 4, pp. 788-803

### **Bienvenida e Introducción al tema de investigación**

1. Bienvenida y presentación al entrevistado, agradecimiento por el tiempo prestado y la importancia de la investigación
2. Contextualización breve del tema de estudio: Desviación del Alcance en Proyectos de Automatización Industrial.

### **Creación de una relación de confianza**

3. Conversación informal de las vivencias cotidianas y los proyectos de automatización del entrevistado en su centro laboral.
4. ¿Podrías contarme sobre tu rol actual y tu experiencia en proyectos de automatización?
5. Sobre los proyectos que mencione el entrevistado preguntar: ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de gestión de un proyecto en la empresa?

### **Desarrollo de la entrevista**

6. ¿Cuáles fueron las necesidades o razones que desencadenaron el desarrollar el proyecto "X" de automatización?
7. De las necesidades, identificar factores que puedan relacionarse con el desvío del alcance.
8. ¿Cuáles fueron las primeras acciones que se tomaron en la empresa para el desarrollo del proyecto?
9. Al hablar del alcance, ¿Cuál fue el alcance inicial?
10. De lo mencionado sobre el alcance, identificar factores que estén relacionados con el desvío del alcance.
11. ¿Quiénes estuvieron involucrados en el planteamiento del alcance inicial?
12. ¿Cómo evolucionó el alcance del proyecto? – Identificar Factores
  - a. Especificaciones:
    - i. ¿De qué manera las especificaciones iniciales del proyecto han cambiado durante su ejecución y cómo impactaron en el alcance?
    - ii. ¿Cómo podrías asegurar que las especificaciones no cambien durante el desarrollo del proyecto?
  - b. Comunicaciones:
    - i. ¿Cómo se gestionó la comunicación durante el proyecto?
  - c. Clientes finales:
    - i. ¿Cómo influyeron los stakeholders en el desarrollo del proyecto?
  - d. Familiaridad Técnica:
    - i. ¿Podrías describir un desafío técnico que influyó en el alcance?
13. Basado en las experiencias ganadas, ¿Qué cambios implementaron en su proceso de gestión de proyectos?
14. ¿Puedes compartir un ejemplo donde hayas implementado las nuevas estrategias de gestión?

### **Cierre de la entrevista**

15. ¿Hay algo que creas que no hemos discutido y que es crucial entender sobre la desviación del alcance?
16. ¿Hay alguna pregunta que te sorprenda que no haya hecho?