

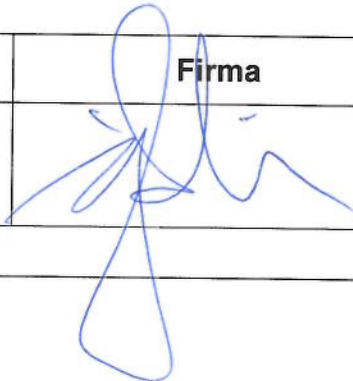


 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 1 de 85</p>
--	--	--

<b>VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</b>			
<table border="1"> <tr> <td align="center"> <b>SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS</b>  <b>CRITERIO DE DISEÑO</b>  <b>AUTOMATIZACION</b> </td> </tr> </table>			<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS</b> <b>CRITERIO DE DISEÑO</b> <b>AUTOMATIZACION</b>
<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS</b> <b>CRITERIO DE DISEÑO</b> <b>AUTOMATIZACION</b>			
<b>Desarrollado por:</b>	<b>Firma</b>	<b>Área</b>	
Hernán Parra Navarro		Dirección de Ingeniería Infraestructura-Planta	
<b>Validado por:</b>	<b>Firma</b>	<b>Área</b>	
Carlos Droguett Morales		Dirección de Ingeniería Infraestructura-Planta	
<b>Aprobado por:</b>	<b>Cargo</b>	<b>Firma</b>	
Gustavo Soto Loyola	Gerente		


 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 2 de 85</p>
--	---	--

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>REVISIONES .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE Y APLICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>RESPONSABILIDADES .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>9</b>
	6.1 Normas de Organismos Internacionales .....	9
	6.2 Norma Chilena y Entidades Públicas .....	9
	6.3 Normas y Estándares Codelco .....	10
<b>7</b>	<b>DIAGRAMAS .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>13</b>
	8.1 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	13
	8.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO EN AUTOMATIZACIÓN .....	13
	8.3 Requerimientos Generales .....	13
	8.4 Buses de Campo y Señales Análogas/Discretas .....	14
	8.5 MODOS DE CONTROL PARA OPERACIONES .....	17
	8.6 ENTREGABLES DE INGENIERÍA (PLANOS Y DOCUMENTOS) .....	19
	8.7 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES .....	20
	8.7.3.1 Generalidades .....	21
	8.7.3.2 Estándar ANSI/ISA S95 .....	22
	8.8 AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL PROCESOS .....	24
	8.9 Integración Operación y Gestión Mina-Planta .....	27
	8.10 Sistema Integrado Gestión Operacional y Mantenimiento .....	27
	8.11 Sistema Gestión Información de Laboratorio (LIMS) .....	28
	8.12 Sistema de Control Central (SCC) .....	29
	8.13 Aplicaciones de Control Avanzado .....	41
	8.14 Centro Integrado de Operación y Gestión (CLOG) .....	54
	8.15 Sala de Datos (SD) .....	55
	8.16 Sala de Ingeniería y Desarrollo .....	55
	8.17 Estaciones Portátiles .....	56
	8.18 Centro de Asistencia Remota .....	56
	8.19 INSTRUMENTACIÓN DE TERRENO .....	57
	8.20 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS .....	59
	8.21 REQUERIMIENTOS GENERALES .....	61
	8.22 INSTRUMENTOS DE TERRENO .....	62
	8.23 Válvulas .....	68

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 3 de 85</p>
---	--	--

8.24	Seguridad en Correas Transportadores .....	69
8.25	Medición de Peso Correas Transportadoras .....	71
8.26	Monitoreo de condición .....	71
8.27	Equipos Mecánicos que incluyen Instrumentos .....	71
8.28	Instrumentación Geotécnica .....	71
8.29	INSTALACIÓN .....	72
8.30	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA .....	73
8.31	SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE .....	73
8.32	CONEXIÓN A INSTALACIONES DE PROCESOS .....	74
<b>9</b>	<b>ARCHIVO DE REGISTROS .....</b>	<b>74</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
10.1	Sistemas de Control Integrados a la RISC .....	75
10.2	Unidades de Medidas .....	78
10.3	Características Técnicas de la Tecnología Foundation™ Fieldbus .....	79

 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO        DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 4 de 85
--	---	---

## 1 REVISIONES

REVISIÓN	TIPO DE CAMBIO	FECHA
2	Este documento reemplaza al siguiente documento: <ul style="list-style-type: none"> <li>SGP-GFIP-AT-CRT-001 CRITERIO AUTOMATIZACIÓN -</li> </ul>	31/08/2017
1	Actualización de la codificación: SGP-GI-AT-CDI-001	30/09/2013
0	Para difusión	10/12/2010


## 2 OBJETIVO

El presente criterio de diseño de Automatización se emite en cumplimiento del mandato de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco, que solicita elaborar un conjunto de documentos técnicos que constituyan un marco referencial de estandarización para la ejecución de los diseños de ingeniería, en este caso de ingeniería de Automatización y Control de Procesos, para los proyectos que la Corporación está desarrollando.

Bajo el contexto de “Control y Aseguramiento de la Calidad”, que debe ser cumplido tanto por la organización interna de Codelco, como por sus Agentes, Proveedores y Contratistas que prestan servicios, este criterio de diseño sustenta su desarrollo en base a normas técnicas que regulan el diseño de las ingenierías, equipos y materiales requeridos por esta disciplina. Además, recoge el estado del arte, lecciones aprendidas y know how de implementaciones ya ejecutadas en los últimos proyectos de la Corporación.

Este Criterio de Automatización es general, en consideración a que no puede ser exhaustivo debido a la gran cantidad de combinaciones de requerimientos y detalles que se pueden presentar en los distintos proyectos, y a la gran variedad de condiciones ambientales y operacionales de cada una de las divisiones de la Corporación, desde Chuquicamata en la segunda región hasta Sewell en la sexta. Por lo tanto, de ser necesario, el presente criterio puede ser complementado en los Proyectos, por medio de un documento que agregue y precise, sólo los detalles y aspectos específicos.

La investigación y desarrollo en las Tecnologías de la Automatización presenta una constante evolución, por lo tanto, se debe estar atento a estos cambios y transiciones, los que una vez plasmados como nuevos estándares permitan, mediante el conocimiento y nuevas competencias, la oportunidad de implementarlos en los proyectos.

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 5 de 85</p>
---	---	--

### 3 ALCANCE Y APLICACIÓN

Este documento corresponde a una actualización de los criterios de diseño, estándares y requerimientos mandatorios mínimos de la Disciplina de Automatización, el cual incorpora definiciones, tecnologías y aplicaciones para el apoyo al diseño de las ingenierías y ciclo de vida del negocio, en términos de estandarización e integración.


Este criterio forma parte de la base de conocimiento que debe ser utilizada y aplicada por las Empresas de Servicios de Ingeniería en los proyectos desarrollados para la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco Chile en todas las Fases de estudio e implementación de los proyectos.

Los equipos, instalaciones y/o sistemas a seleccionar deben ser de probada tecnología y efectividad en similares condiciones de operación.

Los diseños de la Disciplina de Automatización deben ser realizados en estrecha coordinación e integración con los diseños de las disciplinas de Telecomunicaciones, Informática Industrial y Electricidad.


La evolución en el ámbito de los modelos de negocio y como consecuencia, en los sistemas informáticos ha ido agregando nuevas funcionalidades a los Sistemas de Automatización usados en el Control y Operación de Procesos industriales y mineros. Es así que los Sistemas de Automatización deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- a) Integración: De todos los sistemas de automatización y de apoyo a la operación (integración horizontal) y de estos con los sistemas de información técnica y de gestión (Integración vertical)
- b) Centralización: Ubicación centralizada de los HMI (Human Machine Interface) de todos los procesos, y de los HMI de los sistemas de información técnica y gestión. (Operación y gestión del Negocio de extremo a Extremo.
- c) Remotización: Operación de los procesos a distancia
- d) Automatización: Operación autónoma de determinados equipos y/o procesos

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 6 de 85</p>
---	---	--

#### 4 DEFINICIONES


CONCEPTOS	DEFINICIÓN
Automatización	Disciplina que abarca sistemas de control, lazos de control, instrumentación industrial y sistemas de control avanzado.
Red RISC	Red de telecomunicaciones que soporta con su infraestructura la conectividad y funcionamiento de los sistemas de Automatización y otros sistemas de los proyectos.
Bus de campo	Solución para conectar dispositivos de terreno a los sistemas de control, que permite administración remota de dichos dispositivos.
Sistema de control	Hardware y software que permite operar un proceso o planta industrial de forma manual o automática.
PLC	Controlador lógico programable, una de las soluciones para implementar sistemas de control distribuidos. Su programación es local. Para visualización y operación del proceso se usa un HMI programado de forma independiente.
DCS	Sistema de Control Distribuido, su programación es centralizada en tanto el procesamiento (ejecución) es local. Incluye el HMI con programación centralizada y despliegues por área.
HMI	Interfase Humano Máquina, conjunto de hardware y software para visualización y operación del proceso.
Despliegue	Diagrama en HMI que se muestra en una pantalla de computador (monitor de sobremesa o de muro). Muestran diagramas de flujo del proceso con valores numéricos, gráficos de tendencia, listados de alarma, etc.
Interfuncionalidad	Varios sistemas (de Control y de apoyo a la operación) funcionan como uno.

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 7 de 85</p>
---	---	--

## 5 RESPONSABILIDADES


UNIDAD / CARGO	RESPONSABILIDAD
Gerente del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es responsable de velar por la aplicabilidad de este Criterio de Diseño en el proyecto, en forma conjunta con las Gerencias Funcionales.</li> <li>Participa en las modificaciones y actualizaciones de este Criterio de Diseño.</li> </ul>
Sponsor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifica los cumplimientos y los lineamientos de proyecto (nivel de riesgo, tipos de tecnología, etc.) para los estudios de pre-factibilidad /factibilidad y valida su propuesta con el Cliente / Dueño/ Gestor Ejecutor.</li> <li>Aprueba decisiones clave del proyecto (estrategia de ejecución, estrategia de impacto ambiental, plan de gestión de riesgos, equipo de proyecto, etc.).</li> <li>Integra visión de corto y largo plazo, incorporando a la división en las propuestas generadas durante las etapas de estudios</li> </ul>
Director /Jefe de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es responsable de velar por la aplicabilidad de este Criterio de Diseño en el Proyecto en forma conjunta con las Gerencias Funcionales.</li> <li>Es responsable de las revisiones de los Entregables de Ingeniería y de la aplicabilidad de este Criterio de Diseño.</li> <li>Es responsable de asegurar que cuenta con las competencias y el entrenamiento de todo el personal de Ingeniería en la correcta aplicación de este Criterio de Diseño.</li> <li>Define el alcance y limitación del uso de la Adenda realizadas a este Criterio por las Empresas de Ingeniería / Consultores. En concordancia con la Dirección Funcional.</li> <li>Dirige, aprueba o rechaza el desarrollo de estudios de VIP tecnológicas en el proyecto en forma conjunta con la Dirección Funcional, Empresas de Ingeniería / Consultores.</li> </ul>



 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b>  Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 8 de 85
--	--	---

UNIDAD / CARGO	RESPONSABILIDAD
Ingeniero Contraparte del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es responsable de la revisiones y de la aplicación de este Criterio de Diseño en los entregables emitidos por las Empresas de Ingeniería /Consultores, o el Proyecto.</li> <li>Participa en el desarrollo de Entregables / Estudios en forma conjunta con los Especialistas Funcionales, según los delineamientos de este Criterio de Diseño.</li> </ul>
Empresas de Ingeniería / Consultores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Son responsables de la emisión y calidad de los Entregables requeridos en el Proyecto pero sujeto a los lineamientos establecidos por este Criterio de Diseño.</li> </ul>
Gerente Funcional / Estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es responsable en forma conjunta con el Gerente del Proyecto de la aplicabilidad de este Criterio de Diseño en los Entregables desarrollados por las Empresas de Ingeniería / Consultores, o el Proyecto.</li> <li>Es responsable de la emisión y de las actualizaciones de este Criterio de Diseño.</li> </ul>
Directores Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es responsable de revisar, aprobar e informar de las actualizaciones o Adenda por las Empresas de Ingeniería al Gerente del Proyecto.</li> <li>Es responsable de la emisión y de las actualizaciones de este Criterio de Diseño.</li> <li>Informa a la GTICA, la GTICA como Cliente y en su Rol Normador, de las actualizaciones y modificaciones de este Criterio.</li> </ul>
Ingenieros Especialistas Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participa en las revisiones de los Entregables y del cumplimiento de los lineamientos establecidos en este Criterio de Diseño.</li> <li>Participa en la revisión de la Adenda realizada por las Empresas de Ingeniería /Consultores o del Proyecto.</li> <li>Es responsables de la emisión , actualización y modificaciones de este Criterio de Diseño</li> </ul>
Control de Documentos de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacena de manera ordenada, legible y completa, este Criterio de Diseño en el SGDOC.</li> </ul>



 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 9 de 85
--	--	---

## REFERENCIAS

Los códigos, normas, estándares y referencias a aplicar son:


### 5.1 Normas de Organismos Internacionales

- a) El diseño, fabricación, pruebas e instalación, como así mismo el funcionamiento de los equipos de control e instrumentación y materiales, deberán cumplir o exceder las exigencias de la edición más reciente de las siguientes normas y códigos:

ANSI/ISA S95	Manufacturing Enterprise Systems Standards and User Resources.
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CSA	Canadian Standard Association
DIN	Deutsche Institut für Normung
EIA	Electronic Industry Association
FF	Foundation FieldBus
FM	Factory Mutual
ICEA	Insulated Cable Engineers Association
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISA	International Society of Automation
ISO	International Standard Organization
MSHA	Mine Safety and Health Administration
NEC	National Electric Code
NEMA	National Electric Manufacturers Association
NESC	National Electrical Safety Code
NFPA	National Fire Protection Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
UL	Underwriter's Laboratories

### 5.2 Norma Chilena y Entidades Públicas

DS N° 47	Decreto Supremo del Minvu de 1992. Ordenanza General de la Ley general de Urbanismo y Construcciones.
DS N° 72	Decreto Supremo de 1986 del Ministerio de Minería. Reglamento de Seguridad Minera.
DS N°594	Decreto Supremo de 1999 del Ministerio de Salud. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
INN	Instituto Nacional de Normalización de Chile
SUBTEL	Subsecretaría de Telecomunicaciones, Chile
NCH	Normativa o Legislación Nacional Chilena

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 10 de 85</p>
--	--	---

SEC

Superintendencia Eléctrica y Combustibles Chile

SERNAGEOMIN

Servicio Nacional Geología y Minas de Chile

### 5.3 Normas y Estándares Codelco

#### Normas corporativas


NCC 20	Estanques de Almacenamientos de líquidos combustibles e inflamables
NCC 21	Seguridad, Prevención y Protección Contra incendio en Instalaciones Eléctricas
NCC 22	Plantas de Extracción de Cobre por Solvente y Electro-obtención
NCC24	Análisis de riesgos en materia de sustentabilidad para inversiones de capital de la corporación
NCC 30	Mantenibilidad y Confiabilidad en Proyectos de Inversión
NCC 32	Eficiencia Energética en Proyectos de Inversión y el manual correspondiente
CNAM 007	Condiciones estándar mínimas de estaciones de muestreo de flujos de materiales para puntos de balance metalúrgico y transferencia de productos
SGP-GT-GEO-NOR-014 (ex CNAM 014)	Sistema de Pesajes en Correas Transportadoras
CNAM 016	Antecedentes Metrológicos para Proyectos

#### Documentos VP

DCCVCP-000-VCPGI-0000-ESPMD02-0000-001	SGP-GI-MD-ESP-001 Especificación Técnica Corporativa Entregables de Ingeniería
DCC2008-VCP.GI-CRTO02-0000-001	SGP-GI-CO-CDI-001 Criterio de Diseño Telecomunicaciones
DCC2008-VCP.GI-CRTII02-0000-001	SGP-GI-II-CDI-001 Criterio de Diseño Informática Industrial
DCC2008-VCP.GI-CRTEL02-0000-001-0	SGP-GI-EL-CDI-001 Criterio de Diseño Corporativo Electricidad

Todos los equipos deberán tener la aprobación y/o certificación, de a lo menos, una de los siguientes organismos internacionales:


BS	British Standards (Inglaterra)
CSA	Canadian Standards Association (Canada)
FM	Factory Mutual (USA)

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 11 de 85</p>
--	---	---

FOC	Fire Offices Committee (Canada)
NCE	Normas de la Comunidad Europea
UL	Underwriters Laboratories (USA)
ULC	Underwriters Laboratories (Canada)


- a) Si existen diferencias entre las normas, se aplicará la de mayor rigor y deberá ser informado por escrito a CODELCO o sus representantes en el proyecto.
- b) Cualquier discrepancia entre las normas usadas y la presente especificación, deberá ser expresamente indicada en la oferta, para su evaluación y análisis.
- c) Para diagramas de proceso e instrumentación, el proyecto utilizará la Simbología y Nomenclatura definida en la norma ISA.
- d) Eficiencia Energética
  1. La norma corporativa NCC32 de Eficiencia Energética en Proyectos de Inversión busca asegurar la incorporación de criterios de eficiencia energética en los diseños de los proyectos; mediante el análisis multidisciplinario del uso de la energía.
  2. En el ámbito del diseño de la disciplina de automatización, la norma indica como principal requerimiento el Sistema de Gestión de Indicadores de Eficiencia Energética.
  3. El Sistema de Gestión de Indicadores de Eficiencia Energética radica en el Sistema Integrado de Gestión Operacional y Mantenimiento de la planta, y sus requerimientos de diseños son definidos por el Equipo de Eficiencia Energética del proyecto.
  4. Sin embargo, para los Indicadores de Eficiencia Energética definidos por el proyecto y cuyo alcance esté dentro del diseño de las disciplinas de automatización/informática, se deberá disponer de las mediciones de energía consumida y trabajo generado en los procesos.

Estas mediciones deberán ser adquiridas y centralizadas en el Sistema de Control Central (SCC), las cuales quedarán disponibles en la base de datos del Servidor de Registro Histórico del SCC para ser transferidas al Sistema Integrado de Gestión Operacional y Mantenimiento, donde se calculan los Indicadores de Eficiencia Energética.

 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b>  Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :12 de 85
--	--	---

## 6 DIAGRAMAS

No aplica

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 13 de 85</p>
---	---	---

## 7 DESCRIPCIÓN


### 7.1 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Las condiciones del lugar quedan definidas para cada proyecto en el entregable “Criterio de diseño Condiciones del Lugar”, a ser emitido por la disciplina Mecánica y Lay out.

### 7.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO EN AUTOMATIZACIÓN

#### 7.3 Requerimientos Generales

- a) La aplicación de estándares Nacionales, Internacionales y Corporativos aquí recomendados forman parte fundamental en las buenas prácticas para el desarrollo de las ingenierías, por lo tanto, su aplicación en los diseños es obligatoria. Se requiere una visión aplicada de conceptos tales como, integración de procesos mineros, diseño conjunto de procesos y automatización, estrategias de control avanzado, robótica y telecomando. Todo lo anterior en la búsqueda de satisfacer requerimientos del proyecto para el mejor aprovechamiento de los recursos (optimización de la productividad), mayor seguridad, menor impacto ambiental, una mayor aceptación de clientes y de la sociedad y por último alcanzar la uniformidad en las operaciones haciéndolas más sistemáticas, productivas y satisfaciendo la calidad.
- b) Todos los Sistemas de Control, instrumentos de terreno y analizadores a instalar deben estar diseñados para operar correctamente en los lugares y bajo las condiciones ambientales definidas para cada proyecto en particular, en el entregable denominado “Condiciones del Sitio” (Site Conditions), documento realizado por las disciplinas de Proceso – Mecánica.
- c) El Sistema de Control Central, los Sistemas de Control de los equipos Mecánicos Mayores, el Circuito Cerrado de Televisión de Proceso, el Sistema de Detección de Incendio, otros Sistemas de Control y el Sistema de Control de Acceso y Monitoreo de Personas y Vehículos, deberán interfuncionar e interoperar por medio de su conexión a la RISC en una aplicación de software estándar del proveedor del SCC.
- d) El proveedor del Sistema de Control Central debe suministrar aplicaciones de software que permitan configurar Estaciones de Operación conforme al perfil de los respectivos operadores. En estas estaciones de operación, los despliegues gráficos deben permitir la interfuncionalidad e interoperatividad entre los sistemas de Control, los Sistemas de Apoyo a la operación (SDI y CCTV) y el Sistema de Control de Acceso, manejando alarmas y eventos en combinación con despliegue de información de proceso, de detección de incendio e imágenes de las cámaras de televisión.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 14 de 85</p>
--	--	---

- e) Para proyectos tipo Greenfield se utilizarán, preferentemente, Buses de Campo para la transmisión de datos entre los Sistemas de Control y los Dispositivos de Terreno. En particular para la Instrumentación de Terreno se utilizarán dispositivos en base a tecnología Foundation™ Fieldbus (FF). La utilización de otro bus de campo, como por ejemplo Profibus DP deberá tener la aprobación de GFIP-VP.
- f) Para proyectos tipo Brownfield se utilizarán señales analógicas y discretas, conforme a la tecnología que es utilizada en las instalaciones existentes de la Corporación donde se ejecutará el proyecto.
- g) Se debe considerar protección adicional a la ya definida en las hojas de datos para los instrumentos y analizadores a instalar en áreas polvorientas, con fuerte radiación solar y bajos niveles de humedad, con riesgo de derrames de agua u otros líquidos, gases metalúrgicos y en ambientes con mezclas ácidas.  
Las Áreas y/o Procesos involucrados son: Mina, Chancado, Concentración y Flotación, Lixiviación, Extracción por Solventes, Fusión/Conversión, Refinación y Moldeo de ánodos, Electro refinación y Electro obtención, Tratamientos de subproductos (Molibdeno, Barros Anódicos, etc.) y en otros procesos de la gran minería del Cobre.
- h) El diseño de automatización y control, debe considerar y cumplir con la clasificación eléctrica de áreas de riesgo en la cual los instrumentos estarán instalados. En las áreas clasificadas de riesgo, el diseño debe realizarse específicamente de acuerdo con norma ISA-12.1 "Definitions and Information Pertaining to Electrical Instruments in Hazardous (Classified) Locations".
- i) Todos los conductores a utilizar en el conexionado de las instalaciones de Automatización deberán cumplir con la normativa Codelco, en especial lo definido al respecto en el Criterio de diseño Corporativo Electricidad.

## 7.4 Buses de Campo y Señales Análogas/Discretas


Los siguientes son los requerimientos técnicos para buses de campo y señales análogas y discretas:

### 7.4.1 Tipos de Cables

Para el tendido y alambrado de cables de los Sistemas de Control Central, instrumentación de terreno y comunicación con sistemas eléctricos se utilizarán cables para señales digitales (Buses de Campo), como: Foundation Fieldbus, Profibus, DeviceNet, Ethernet I/P, etc.

#### a) Cables para Señales Digitales (Buses de Campo)

Para buses de campo tales como: Foundation Fieldbus (FF), Profibus PA, Devicenet, etc, los cables serán del tipo par apantallado. El estándar FF-816 define cuatro tipos de cables y la máxima longitud del segmento permitido.

 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 15 de 85
--	--	--

Tipo	Longitud (m)	Impedancia ( $\Omega$ )	Resistividad	Atenuación (db/km)	Descripción
A	1.900	100	22	3	Par individual apantallado
B	1.200	100	56	5	Multipar trenzado, con blindaje
C	400	no conocida	132	8	Multipar trenzado, sin blindaje
D	200	no conocida	20	8	Multiconductor, sin pares

Para más detalle, respecto de características técnicas para diseñar bajo el estándar Foundation Fieldbus, ver Anexo C.


#### b) Cables para Señales Análogas y Discretas

- El cable para señales análogas de terreno (en caso que se requiera), exceptuando los cables integrales suministrados para conexión de elementos primarios, será con conductores de cobre de temple blando, tipo hilo múltiple, con blindaje por par y total, en el caso de multipares, con conductor de drenaje a tierra según:  
  
 Un par torcido: #18 AWG, 90°C, 300 V.  
 Multipar torcido: #20 AWG, 90°C, 300 V.  
 Aislamiento: Cloruro de polivinilo con retardante a la llama, coloreado, 90°C, resistente a los rayos solares apto para tendido en escalerillas y banco de ductos, sin protección adicional.
- El cable de control, es decir para señales discretas, debe ser número 16 AWG, para 600 V de aislamiento y para temperatura de servicio 90°C. Los conductores deben ser de cobre con temple blando tipo hilo múltiple, cubierta retardante a la llama y resistente a los rayos solares.
- La alimentación eléctrica a los instrumentos de terreno que lo requieran, será con multiconductor 1x3c N° 12 a 16 AWG, tipo PVC + PVC, aislamiento para 600V, temperatura de servicio 90°C, conductores de cobre de temple blando tipo hilo múltiple, cubierta retardante a la llama y resistente a los rayos solares.
- El blindaje de los cables de señal será conectado a tierra en un punto solamente, de preferencia en el gabinete de terminaciones de E/S.

### 7.4.2 Canalizaciones Eléctricas

#### a) Señales Digitales (FF H1)




 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b>  Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 16 de 85
--	--	--

Por tratarse de un sistema de comunicación digital con ruteos simples y de poco volumen, las canalizaciones serán tendidas en conduit o rutas de escalerillas y su representación en planos será proyectada por la Disciplina de Automatización.

b) Para Señales Analógicas y Discretas

Las canalizaciones eléctricas principales para las señales de los instrumentos a módulos de entradas y salidas, pertenecen al ámbito de la disciplina eléctrica y están regidas por el documento “Criterio de Diseño Eléctricidad”. La disciplina de automatización debe participar en el desarrollo de los planos de canalizaciones que incorporen canalización de instrumentos aportando el plano “Disposición de Instrumentos en Terreno” (Sembrado de Instrumentos). Se debe tener especial cuidado en respetar las distancias mínimas entre canalizaciones de fuerza e instrumentación para eliminar interferencias electromagnéticas, en particular en redes de comunicación.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 17 de 85</p>
--	---	---

## 7.5 MODOS DE CONTROL PARA OPERACIONES


### 7.5.1 Generalidades

- Los modos de control definitivos se definen en el documento “Filosofía de Operación y Control”. Este es un documento que se desarrolla para cada proyecto en forma específica en las fases de prefactibilidad y de factibilidad. En la fase inversional, se mantiene y/o actualiza la filosofía definida en ingeniería básica y se desarrolla el documento “Descripción del Control Lógico, Regulatorio y Avanzado”.
- No obstante lo indicado en el párrafo anterior, se definen aquí, los modos de control a aplicar en las fases de prefactibilidad y factibilidad en el documento Filosofía de Operación y Control.
- La operación normal debe ser centralizada, es decir, los equipos (motores) son comandados desde la Sala Centralizada de Operación y Control, que forma parte del Centro Integrado de Operación y Gestión. Los equipos (motores) que se definan que también deben operar desde terreno, son considerados como excepciones y deben quedar claramente identificados en el documento “Filosofía de Operación y Control” y en los planos P&ID’s.

### 7.5.2 Modos de Control


- En control regulatorio o control análogo, los modos de control son:
  - Controlador en modo **manual**. El operador interviene el accionamiento (válvula de control o VDF<sup>1</sup>), de acuerdo a lo indicado en el instrumento de medición de la variable a controlar.
  - Controlador en modo **automático**. El controlador es quién se encarga de mantener la variable controlada en un valor deseado, de acuerdo con la selección que hace el operador al valor de referencia o “set point”.
  - Controlador en modo **automático** pero con “set point” remoto. El valor deseado provienen en forma remota, este valor puede venir desde una “Aplicación de Control Avanzado” u otro lazo de control.
- Para aplicaciones con estándar FF, el Control Regulatorio o Función de Control estará configurado en el procesador del SCC, sin embargo también es posible dejarlo configurado, pero inactivo, en el elemento primario o final de control. El sistema permite realizar los distintos modos de control indicados en el punto a) y además, ejecutar programas de administración, diagnóstico y mantenimiento de instrumentos en forma remota. Para más detalle en aplicaciones bajo estándar FF, ver Anexo C.

<sup>1</sup> VDF: Variador de Frecuencia

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 18 de 85</p>
--	---	---


### 7.5.3 Modos de Control Lógico o Discreto

- a) En control lógico o discreto, existe una diversidad de soluciones, sin embargo, se adopta dejar los siguientes selectores que según se combinen, definen diferentes modos de control.
  1. **Selector Oper/Mant/Desc** (Operación/Mantenimiento/Desconectado).  
 Este selector permite a un equipo, motor o válvula on/off, habilitarlo para Operación, Mantenimiento o Desconectarlo.  
 Cuando se selecciona el equipo en posición Oper, quedan todos los enclavamientos de operación, de protección y de seguridad habilitados.  
 Cuando se selecciona el equipo en posición Mant, quedan habilitados los enclavamientos de protección y de seguridad.  
 Cuando se selecciona el equipo en posición Desc, el equipo no se puede operar o hacer partir. Esta posición del selector habilita una mantención mayor, es decir, para el reemplazo de partes, piezas o motor eléctrico.
  2. **Selector Rem/Loc** (Remoto/Local).  
 Este selector permite a un equipo, motor o válvula on/off, habilitarlo para que se opere desde la Sala de Control (Remoto) o desde Terreno (Local).  
 En posición Local, normalmente se habilita el equipo para una Mantención, es decir operar el equipo sin carga y partir/parar el equipo para prueba. Sin embargo, puede darse el caso en algunos equipos, que al tener el selector Oper/Mant/Desc en Oper y el selector Rem/Loc en Loc, indicaría que este equipo se puede operar desde terreno.
  3. **Selector Aut/Man** (Automático/Manual).  
 Este selector permite a un equipo motor o válvula on/off, habilitarlo para operar automáticamente o manualmente.  
 En una operación Automática, se debe entender que el equipo parte o para, cuando una determinada variable o estado que cumple cierta condición del proceso.  
 En una operación Manual, es el "Operador" quien hace partir o parar un equipo. En esta forma de hacer partir o parar el equipo, se mantienen los enclavamientos de operación, lo cual determina cierta secuencia de partida, por ejemplo una correa que alimenta un chancador, no parte si el chancador no está operando.
- b) Las posiciones de estos tres selectores definen los modos de control.
- c) Los tres selectores deben ser configurados en el SCC, y cuando en un equipo determinado se tiene prohibida una posición de cualquier selector, y el operador lleva el selector a esa posición vetada, aparece un mensaje "NO HABILITADO".
- d) La definición de los tres selectores, no significa que en un proyecto no se pueda incorporar otros selectores para definir otros modos de control.

 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b>  Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 19 de 85
--	--	--

## 7.6 ENTREGABLES DE INGENIERÍA (PLANOS Y DOCUMENTOS)

- a) Los planos y documentos de ingeniería para la disciplina de Automatización, se encuentran establecidos en el documento “Especificación Técnica Entregables de Ingeniería, SGP-GI-MD-ESP-001, DCCVCP-000-VCPGI-00000-ESPMD02-0000-001.
- b) La presencia de características específicas propias de un proyecto en particular, podrán dar origen a entregables adicionales a los especificados en el estándar indicado.
- c) En el caso que se considere que uno o más entregables no aplican, el Gerente de Ingeniería del Proyecto deberá fundamentar su exclusión.
- d) Importante es señalar que la Disciplina de Automatización tendrá una activa participación en el desarrollo del Diseño 3D, para lo cual el Ingeniero de Contraparte deberá participar en las actividades relacionadas con este tema como es el caso de reuniones de trabajo del diseño 3D.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :20 de 85</p>
--	---	--

## 7.7 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

### 7.7.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la parte más visible y globalizada de la Tecnología de Automatización se puede observar en los esfuerzos que la industria realiza por maximizar el beneficio económico del proceso productivo. Debido a lo anterior surge el objetivo de pasar los datos de procesos a la toma de decisiones de negocio, y por tanto, el requerimiento de implementar y explotar las Tecnologías de Información, Comunicaciones y Automatización en términos de una solución de Integración que incluya el Control de Procesos, la Operación de plantas, la Gestión e Seguridad de personas e instalaciones, el Control Avanzado, la Gestión de Mantenimiento y la Gestión de Activos.

Esta integración debe ser una solución estándar basada en el modelo de Gestión de Negocio de la Industria Minera.

### 7.7.2 Gestión de la Empresa y la Tecnología de Automatización


Las Tecnologías de Automatización, Telecomunicaciones e Informática Industrial se han extendido en todos los niveles de las organizaciones, ampliando los conceptos y requerimientos más allá del lazo de control y de las máquinas, entregando herramientas de apoyo a los procesos de negocios de toda la empresa. Esto se ha traducido en buscar una solución integradora de sistemas (tecnología) y la gestión de activos, lo cual ha debido tomar en cuenta diferentes aspectos además del proceso mismo, tales como: la estructura organizativa de la empresa, sus recursos, la gestión de los insumos y equipos, y las relaciones de estos elementos con todos los procesos administrativos.

Como respuesta a esta necesidad de alcanzar una integración total entre la gestión de la empresa y los sistemas de control, la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) desarrolló el estándar ANSI/ISA S95, Enterprise – Control System Integration. Este estándar internacional entrega las funcionalidades que debe desarrollar un modelo de Integración de Sistemas de la Empresa (plataformas transaccionales ERP<sup>2</sup>) y plataformas MES<sup>3</sup>.

El estado del arte de las tecnologías permite desarrollar las Plataformas Integradas, mencionadas anteriormente, con soluciones confiables en el Control de Procesos y Gestión de Activos, que apoyan la optimización del beneficio económico del proceso completo y durante el ciclo de vida de este.

<sup>2</sup> ERP: Enterprise Resource Planning

<sup>3</sup> MES: Manufacturing Execution Systems


 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :21 de 85</p>
---	--	--

En la siguiente sección del Criterio de Diseño se entregan los conceptos y definiciones fundamentales de las Tecnologías de la Automatización, para ser aplicados en los proyectos futuros de la Corporación, cuyo gestor – ejecutor es la VP.

### **7.7.3 INTEGRACION ENTRE SISTEMA DE CONTROL – SISTEMA EMPRESA (ERP)**

#### **7.7.3.1 Generalidades**

- a) Los desafíos de la Industria Minera se enfocan en: Exploración, Diseño y Desarrollo de Minas, Optimización y Aplicación de nuevos métodos y equipos para el procesamiento de minerales, Gestión del Medio Ambiente, Seguridad y relación con las Comunidades, Competitividad, Uso intensivo de Activos, Uso eficiente de insumos energéticos y Eficiente coordinación de la Cadena de Valor Mina-Planta-Mercado.
- b) La Gestión del desempeño de Activos se focaliza en el monitoreo preventivo de los activos, detección y diagnostico de fallas, para asegurar su operación óptima en el proceso.
- c) Se debe diseñar los sistemas de Automatización con atención en la integración entre plataformas transaccionales (ERP) y plataformas MES. Esto es un requisito para el flujo automático y la unicidad de los datos.
- d) En respuesta, los fabricantes de Software, tanto los de ERP como los de MES, han adecuado sus productos a esta normativa, permitiendo una comunicación universal entre las aplicaciones.
- e) ANSI/ISA S95 proporciona un modelo simple, metódico y empleando una terminología que permite determinar qué tipo de información debe enviarse entre sistemas y cómo (formato) debe ser enviada.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :22 de 85</p>
--	---	--

### 7.7.3.2 Estándar ANSI/ISA S95

La figura 1 muestra el modelo de integración de los Sistemas de Control con los Sistemas de Gestión de la Empresa. Uno de los desafíos de este modelo es unir los datos en tiempo real de los Sistemas de Automatización y Control con los Sistemas Transaccionales de la empresa. El estándar ANSI/ISA 95, une estos dos mundos mediante el intercambio de información fácil, segura y entendible, en base a un modelo jerárquico.

#### Variabilidad de la Demanda

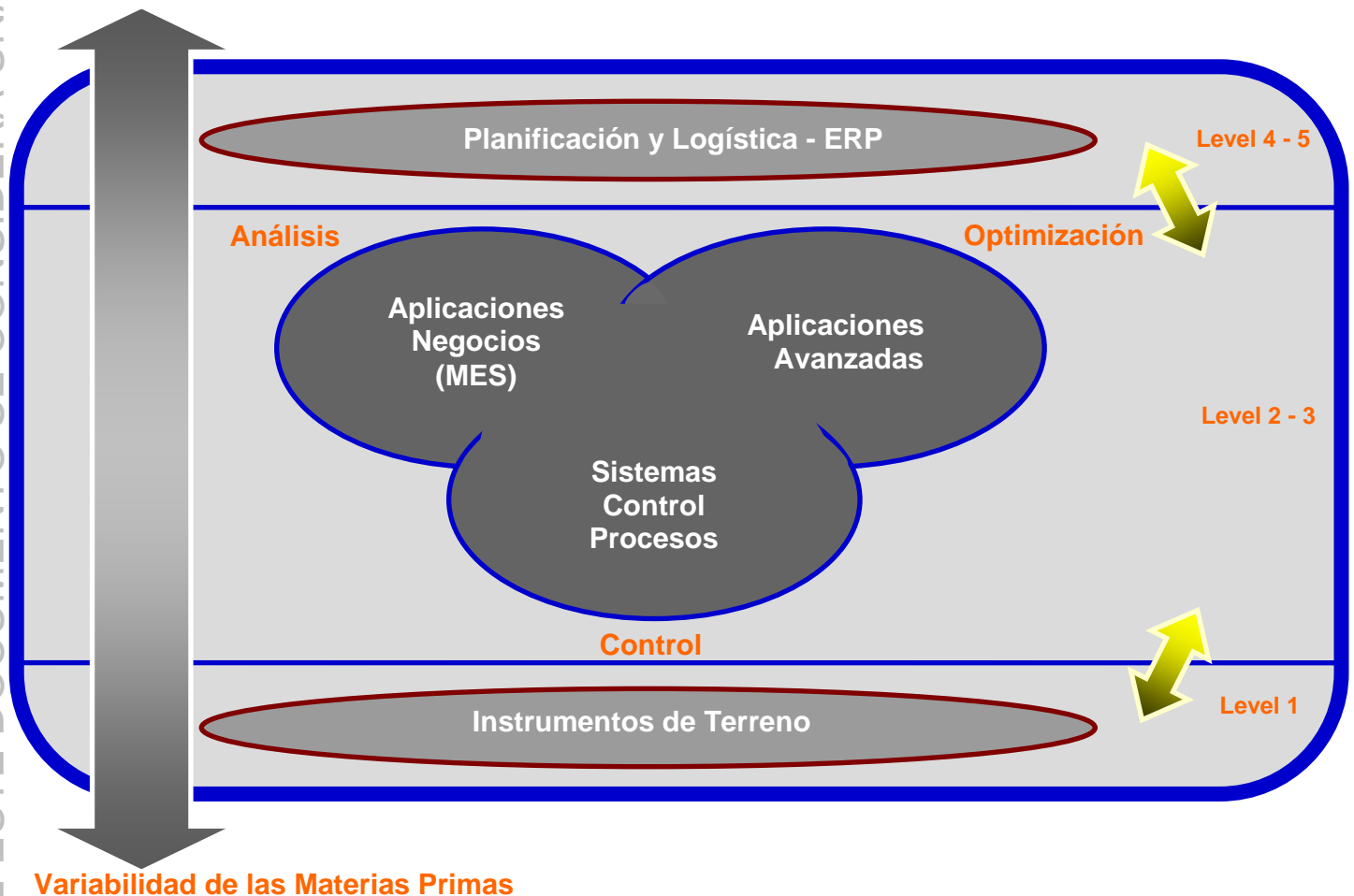

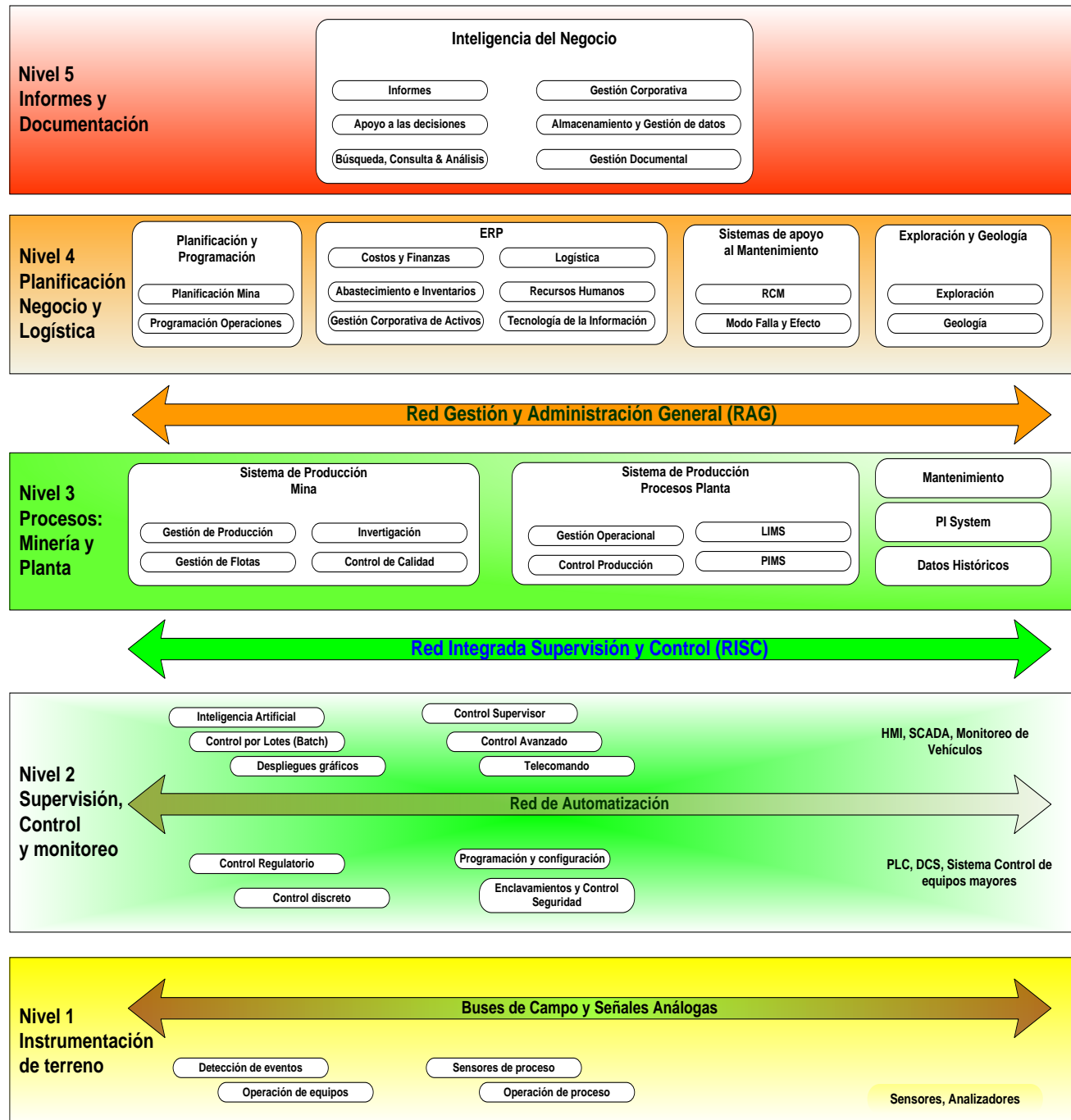


Fig. 1.- Diagrama General Modelo ISA-S95.




 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :23 de 85</p>
---	---	--

La siguiente figura muestra la representación desarrollada para el modelo Minero.



**Fig. 2.- Diagrama Modelo ANSI/ISA S95, Caso Industria Minera**

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :24 de 85</p>
--	---	--

El Criterio de Diseño de Automatización y Control estará enfocado a desarrollar en profundidad los aspectos técnicos para el desarrollo de las ingenierías y su implementación para los niveles 1,2 y parte del nivel 3 según el modelo ISA.

Para los Niveles 3 (parte de), 4 y 5, no se realizará un desarrollo en detalles, ya que los componentes comunes están orientados a dar la solución integrada que involucra aspectos de la gestión de la empresa, que no es motivo de este criterio. Ese desarrollo estará a cargo de la Disciplina de Informática Industrial, en cuanto a las aplicaciones, y de la disciplina de Telecomunicaciones respecto de las redes de telecomunicaciones RISC y RAG.

## 7.8 AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL PROCESOS

### 7.8.1 Introducción

Un componente fundamental en el modelo ANSI/ISA S95 es el Sistema de Control de Procesos, ya que esta unidad “inteligente” tiene la capacidad de adquirir datos, procesarlos y entregar una acción de control en base a las restricciones de la planta y las perturbaciones presentes, logrando con esto la estabilidad del proceso con el objetivo de alcanzar las metas de producción en cantidad, calidad y costos.

La evolución de estos sistemas ha sido exponencial, representando innovaciones tecnológicas relevantes, que han impactado la operación y gestión de la empresa. Es decir, además de agregar mejoras que permiten optimizar y maximizar la operación de los procesos productivos, también han permitido desarrollar la integración de sistemas y tecnologías, punto clave en el manejo y gestión de la información.


Una Plataforma Integrada para el Control de Procesos y Gestión de la empresa permite integrar la información de producción en tiempo real de todos los sectores de la empresa, aprovechando la infraestructura de las Telecomunicaciones e Informática Industrial.

Este capítulo entrega los criterios necesarios para la definición, diseño y construcción de los Sistemas de Control, identificando conceptos, arquitectura de redes, requerimientos técnicos, aplicaciones y la infraestructura requerida para su instalación y operación. Además, se identifican los sistemas que integran la información hacia los niveles superiores formando una base de datos única y segura.

### 7.8.2 Arquitectura General Redes y Sistemas Asociados

A continuación se muestran esquemáticamente las dos redes principales que existirán en el diseño y construcción de los proyectos de la corporación. Se ha diseñado una topología de redes denominadas Red Integrada de Supervisión y Control (RISC) y Red Administrativa General (RAG).

Este modelo permite definir la jerarquía y arquitectura a la cual deberá integrarse todos los sistemas de procesos unitarios, equipos mayores y el Sistema de Control

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :25 de 85</p>
--	---	--

Central, para proyectos cuya característica sea tipo Greenfield. Es decir, el proyecto se deberá diseñar de acuerdo a la topología RISC.

La representación por separado de estas redes está relacionada con la estructura organizacional que posee Codelco en la actualidad. Sin embargo, la posibilidad de que ambas redes RISC y RAG utilicen una solución común en Hardware y Software debe ser analizada por cada proyecto en forma específica, ya que tecnológicamente es factible de implementar sin provocar desmedro en la performance de inter-conectividad e inter-funcionamiento, para todos aquellos sistemas críticos en los cuales se debe aplicar control sobre la operación de los procesos.

### 7.8.3 Red Integrada de Supervisión y Control (RISC)

Los procesos y/o equipos que incluyan Sistema de Control deben proveer la conectividad para quedar integrados con la RISC.

Los sistemas que forman parte de esta red son:


- Sistema de Control Central (SCC).
- Sistema de Detección y Extinción de Incendios (SDI).
- Sistema CCTV – Procesos.
- Sistema de Control de Acceso, Monitoreo de Personas y Vehículos.
- Sistema Scada Eléctrico.
- Sistemas de Control suministrados con Equipos Mayores y/o Procesos Unitarios<sup>4</sup>.

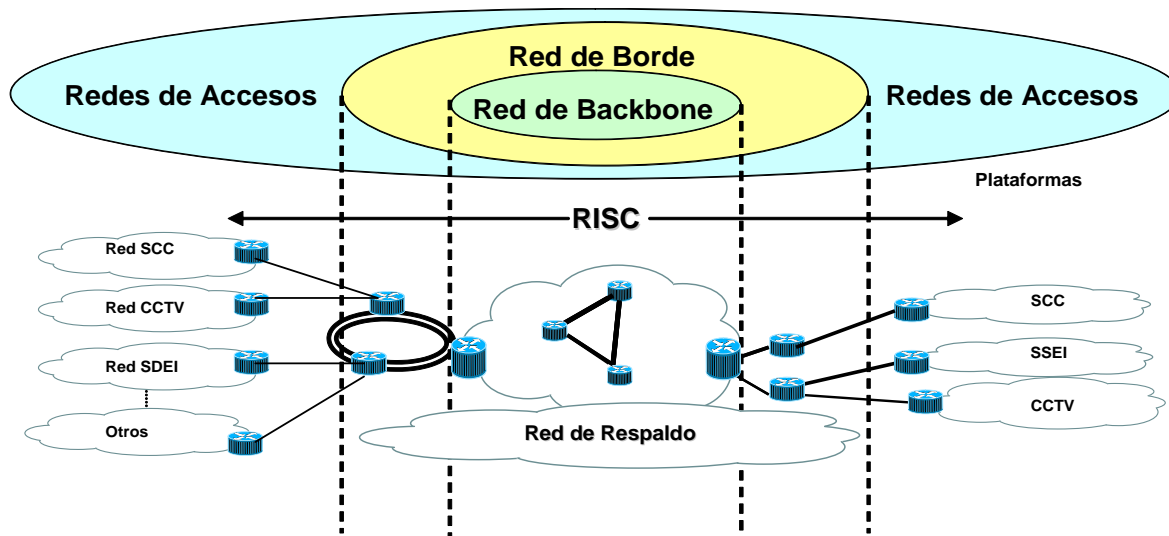
La funcionalidad de esta red RISC es interfuncionar e interconectarse para soportar e integrar a nivel de red con calidad de servicio los diversos flujos de tráfico y el funcionamiento de los sistemas antes mencionados con un SLA del 99,999%, o el SLA definido por el proyecto; adecuado a sistemas críticos para el control y operación de los procesos.

En la figura 3, se muestra un diagrama general de la Red RISC, en la cual se definen la red de Acceso, Red de Borde y Red Backbone.

Por otra parte, el Sistema de Control Central debe incluir una aplicación de software y hardware que gestione la interfuncionalidad e interoperatividad de los sistemas conectados a la RISC, en forma nativa (sin interfaces especiales), la cual proporcione Estaciones de Operación conforme al perfil del cargo de quien opere dichas estaciones.

<sup>4</sup> En Anexo A, se entrega un listado donde se indican otros sistemas de control, que se interconectan a la RISC.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :26 de 85</p>
--	--	--

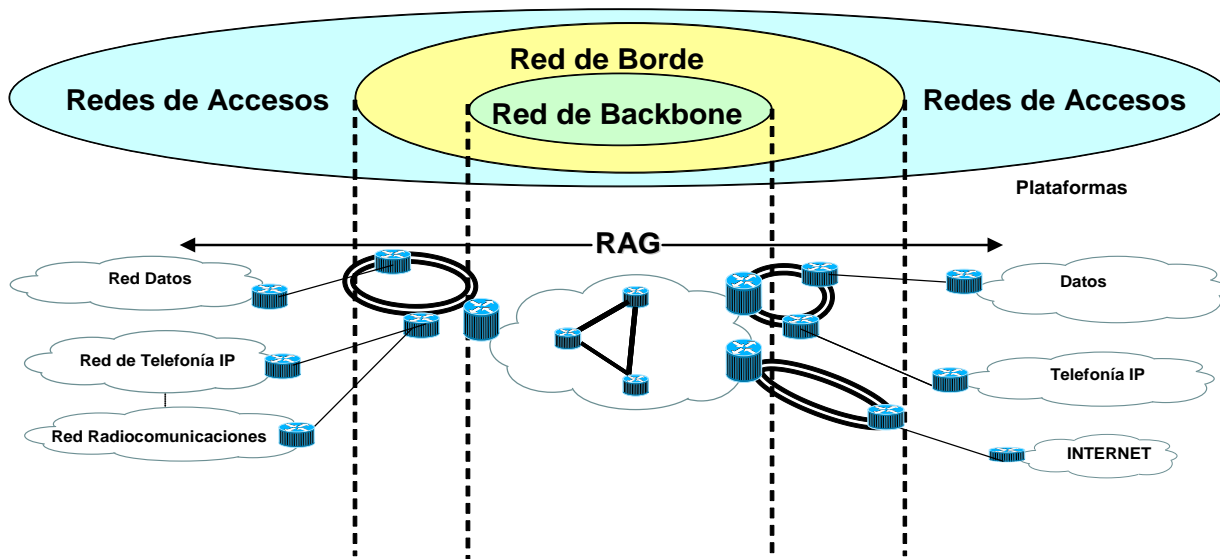


**Figura 3. RISC, Red Integrada de Supervisión y Control.**


Esta Red permite la integración con otros sistemas asociados al control y monitoreo de procesos productivos, además de integrar conceptos de seguridad, energía, medio ambiente y sustentabilidad. Es decir, tener la conectividad de sistemas de producción con sistemas de administración del negocio.

#### 7.8.4 Red Administrativa General (RAG)

La figura 4, muestra esquemáticamente la red RAG.



**Figura 4. RAG, Red Administrativa General.**

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :27 de 85</p>
---	--	--

La RAG, Red Administrativa General, estará compuesta por los siguientes sistemas:

- a) Servicio Correo, Intranet
- b) Servicio Internet
- c) Servicio Monitoreo Red
- d) Servicio VPN
- e) Servicio Telefonía IP
- f) Servicio SAP
- g) Servicios definidos por el Proyecto

La funcionalidad de esta red RAG es: Interfuncionar e interconectarse para soportar e integrar a nivel de red con calidad de servicio los diversos flujos de tráfico y el funcionamiento de los sistemas antes mencionados con un SLA que estará definido por el catalogo de servicios TICA.

Para más detalles técnicos de esta red, ver SGP-GI-CO-CDI-001, Criterio de Diseño de la Disciplina de Telecomunicaciones, DCC2008-VCP.GI-CRTO02-0000-001.

## 7.9 Integración Operación y Gestión Mina-Planta


Hoy una función vital del negocio minero es la visibilidad de los procesos para una colaboración eficaz entre las áreas de producción y negocio de la organización, ello requiere de conceptos tales como:

- a) Administración de las operaciones de producción, mantenimiento, calidad e inventario
- b) Reducción de costos
- c) Desviación de metas de producción
- d) Variabilidad de los procesos, acotamiento e identificación
- e) Registro de Seguridad laboral
- f) Rendimiento y utilización real de los activos para una planificación real

Por lo tanto, el grado de interconectividad e interoperabilidad en la cual la información fluye en forma expedita a través de los procesos y sistemas, hace que la acción o toma de decisiones sean oportunas y sus efectos sean medibles para alcanzar una optimización en la gestión y control del negocio.

Este concepto de integración debe ser una preocupación, antes y durante, el diseño de la plataforma de Integración de Operación y Gestión, lo cual implica un esfuerzo en aplicar el estándar, aquí definido, que permita ser implementado en base a las aplicaciones que existen en el mercado, probadas y en funcionamiento. A continuación, se definen los sistemas que permiten implementar esta integración.

## 7.10 Sistema Integrado Gestión Operacional y Mantenimiento

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 28 de 85</p>
--	--	---

El Sistema Integrado Gestión Operacional y Mantenimiento (SIGO&M) se instala y configura sobre la plataforma PI (PI<sup>5</sup>), que corresponde al estándar adoptado por Codelco para la transferencia de información desde los Sistemas de Control hacia los Sistemas de Gestión Operación/Producción. Utilizando SIGO&M se integra la información de la planta con otros datos de la empresa para apoyar al personal a tomar decisiones de negocios más inteligentes y mejorar la operación. Para mas detalle sobre este sistema referirse a la Especificación Técnica Corporativa Sistema Integrado de Gestión Operacional y Mantenimiento, SGP-GI-II-ESP-002, DCC2008-VCP.GI-ESPII02-0000-002-0.

SIGO&M es una herramienta que permite la adquisición, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos que provienen de distintas fuentes. Contiene variadas funcionalidades:

- a) Análisis: Es un grupo de programas destinados a realiza cálculos de diferente dificultad, en tiempo real y a la validación de la información de la planta.
- b) Visualización: Grupo de programas que permiten mostrar la información de acuerdo a los requerimientos de los diferentes usuarios que trabajan en la planta, tales como, analistas, jefe de turno, supervisores, etc.
- c) Conectividad con los Sistemas de Control utilizando interfaces tales como: OPC, ODBC y OLEDB.
- d) El SIGO&M se utiliza para la gestión de Operaciones, Mantenibilidad y Eficiencia Energética. Para cada uno de estos tres aspectos se analizan los requerimientos específicos con los encargados de las disciplinas.
- e) El SIGO&M se integra con el sistema SAP/R3, mediante la interfase SAP-PI. MII6 de SAP.

## 7.11 Sistema Gestión Información de Laboratorio (LIMS)

Para el sistema LIMS, no existe un estándar en Codelco. Por este motivo, durante la fase de factibilidad se deberá cotizar y seleccionar el proveedor.


El sistema LIMS administra el sistema del laboratorio, incluyendo módulos y funcionalidades tales como:

- a) Registro de Muestras: Referido al registro según un programa de muestreo, con mecanismos de validación de entrada de datos, generación de etiquetas y emisión de comprobantes de ingreso respectivo. En este punto se establece la necesidad de disponer de interfaces con otros sistemas, bases de datos y software ERP.

<sup>5</sup> Real-time Performance Management (RtPM)

<sup>6</sup> MII: Manufacturing Integration and Intelligence




 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :29 de 85</p>
--	---	--

- b) Flujo de trabajo: Permite la organización de las muestras y las asignaciones de trabajo según tipo. Adicionalmente incluye la supervisión de los parámetros de instrumentos utilizados.
- c) Registro de resultados: Una vez realizados los análisis, la aplicación debe otorgar todo tipo de facilidades para el ingreso seguro de resultados, cálculos manuales o automáticos, validación y marcado on-line de opciones, datos no numéricos y la integración con captura de datos automática. Debe otorgar mecanismos de verificación, re-muestreo e investigación de casos especiales. En este punto se establece la necesidad de disponer de interfases con aplicaciones de escritorio, bases de datos y otros sistemas del proyecto y/o la división (ERP, desarrollo minero, etc.).
- d) Control de materiales: Módulo de consulta y reportes que debe apoyar el control de uso y existencia de materiales de laboratorio disponibles.
- e) Control de costos: Apoya la evaluación de los costos de análisis y gestión de laboratorio.
- f) Informes y consultas: En este módulo debe entregar las herramientas para la consulta interactiva de análisis, muestras, resultados, solicitudes, etc. La base de datos de LIMS debe estar disponible para estas consultas por medio de interfaces WEB.
- g) Certificados: Emisión de certificados en papel y/o en forma digital (firmadas digitalmente) de los resultados de análisis obtenidos. Los certificados deben tener una facilidad de identificación única. Debe ser posible obtener un certificado sobre una muestra individual, o sobre una familia de muestras en base a un criterio de búsqueda.
- h) Administración de contramuestras: Control de su identificación y ubicación.
- i) Integración: Intercambio de información con los sistemas SIGO&M, SAP y otros, principalmente en lo referente a Trazabilidad y Gestión de Producción. Debe ser posible obtener promedios ponderados en base a esta integración.

## 7.12 Sistema de Control Central (SCC)

En el modelo de Integración de Sistemas de Control con los Sistemas de Gestión de la Empresa (Nivel 2 del modelo ISA), se identifica el Sistema de Control. En adelante se utilizará Sistema de Control Central (SCC), para efectos de identificar de modo único al sistema responsable de monitorear, controlar y operar los equipos y subsistemas interconectados a la red RISC.



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :30 de 85</p>
--	---	--

Dentro de los sistemas de control en un proyecto se define el Sistema de Control Central y los sistemas de control suministrados con Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios, ver punto 3.2.1.

Para mayor detalle de las características técnicas exigidas al Sistema de Control Central, ver la Especificación Técnica SGP-GFIP-AT-ESP-007, "DCVP-000-GFIP-00000-ESPAT02-0000-007-2".


### 7.12.1 Requerimientos Generales del SCC

A continuación se describen los requerimientos generales siguientes:

- a) Como tecnologías para el SCC se deben considerar los Sistema de Control Distribuidos (Distributed Control Systems, DCS) o los Controladores Lógicos Programables (Programmable Logic Controller, PLC).


Sin embargo, por las características propias de un proyecto, puede especificarse un arreglo "híbrido", es decir una combinación DCS - PLC. Ante este escenario, prevalecerá esta solución híbrida procurando que las exigencias de inter-conectividad y inter-funcionalidad se cumplan totalmente.

- b) Si el proveedor del SCC demuestra las alianzas y competencias necesarias, para cumplir con los requerimientos técnicos exigidos en este Criterio, el Criterio de Diseño Corporativo de Telecomunicaciones, la Especificación Técnica Corporativa del SCC, las Especificaciones Técnicas de la red RISC, la Especificación Técnica de la Sala de Telecomunicaciones y la Especificación Técnica de la red de Cable Estructurado, principalmente, podrá proponer una solución integral para el Centro Integrado de Operación y Gestión (incluida la red RISC). Esta proposición quedará sujeta a la evaluación de CODELCO.
- c) El SCC debe permitir la operación todos los procesos desde el Centro Integrado de Operación y Gestión o cualquier sala de control local de la planta (o caseta de operación local). Así, cualquier Estación de Operación debe tener la capacidad y la configuración para tomar el control total o parcial de todos los procesos de la Planta.
- d) El SCC deberá tener la capacidad para ser diagnosticado en forma continua, para detectar fallas en todos sus componentes y de los sistemas que forman parte de la red RISC, mediante la generación de alarmas y reportes en las Estaciones de Operación y/o equipo de soporte.
- e) El SCC tendrá una arquitectura Cliente / Servidor o distribuida "punto a punto" (Peer to peer).
- f) La definición de redundancia para el SCC dependerá de la criticidad de su servicio. La robustez del SCC deberá estar de acuerdo con los requerimientos de las aplicaciones a implementar en el Proceso, por lo tanto, se deberá revisar el nivel

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :31 de 85</p>
--	---	--

de redundancia en Controladores, Servidores, Fuentes de Poder, Estaciones de Operación, Entradas/Salidas, Rutas y Redes de Comunicación, etc. La redundancia será aplicada, ya sea en “media” o “electrónica”.

- g) El SCC deberá trabajar en las Condiciones Ambientales indicadas en el documento Criterio de Diseño Condiciones de Sitio, entregable emitido por el proyecto.  
Importante es señalar que la mayoría de los equipos que forman parte del SSC alojarán en el Centro Integrado de Operación y Gestión y las Salas de Datos, las cuales tendrán un estándar para su diseño que involucra los niveles de exigencia requeridos (ver punto 4.0). Otros gabinetes se instalarán en las Salas Eléctricas y también pueden existir gabinetes ubicados en forma remota en las áreas de procesos.
- h) Los Sistemas de Control que son suministrados con Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios, deben ser de la misma marca y modelo del seleccionado como SCC con la finalidad de asegurar la integración y homogeneizar las herramientas de configuración. Para cumplir con lo anterior, se deberá seleccionar tempranamente el SCC, es decir al término de la ingeniería básica.
- i) Para Proyectos tipo Brownfield se debe considerar la ampliación del sistema de control en servicio, evaluando mediante un estudio la conveniencia de ampliar o cambiar la tecnología de acuerdo a las capacidades y funcionalidades requeridas por el proyecto.
- j) Todos los equipos de los sistemas de control serán de fabricación estándar, no se aceptarán prototipos. Se deberá buscar la estandarización de los componentes para minimizar la cantidad de repuestos. Esto, también está relacionado con el suministro de Sistemas de Control con equipos mecánicos mayores y/o procesos unitarios, de preferencia se solicitará que este sistema sea de la misma marca y modelo del SCC.
- k) Las marcas de los equipos que se seleccionen deberán tener al menos representación en Chile y deberán proveer de servicio técnico con personal de habla hispana y de preferencia nacional.
- l) Los servicios de Pruebas, Configuración y Puesta en Servicio del SCC se desarrollarán de acuerdo con el documento Especificación Técnica Servicios de Puesta en Operación Sistemas de Control, SGP-GI-AT-ESP-006, DCCVCP-000-VCPGI-0000-ESPAT02-0000-006.
- m) El documento Especificación Técnica Estándares para Desarrollo de los Documentos de Configuración, SGP-GI-AT-ESP-004, DCVP-000-VPGI-00000-ESPAT02-0000-004, es una guía para los ingenieros encargados de la configuración del SCC.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :32 de 85</p>
--	---	--


- n) El SCC deberá ser diseñado para uso pesado y continuo, para operar 24 horas por día, 7 días a la semana.

#### 7.12.2 Requerimientos de Hardware

- a) El SCC estará compuesto por, a lo menos, los siguientes componentes:
1. Unidades de Procesamiento de datos o Controladores.
  2. Unidades de Entradas/Salidas.
  3. Servidores.
  4. Sistemas y Equipos de Red de Control Proceso.
  5. Red para la Plataforma de Operación y Control del SCC.
  6. Redes de Instrumentos
  7. Estaciones de Operación
  8. Estación de Ingeniería.
  9. Gabinetes.
  10. Consolas de Operación (basado en muebles ergonómicos). (Parte del CIOG).

##### 7.12.2.1 Unidades de Procesamiento o Controladores

- a) Todo el control lógico y regulatorio, así como la lógica de seguridad y los enclavamientos de proceso, deben ser desarrollados en las Unidades de Procesamiento. No se acepta la programación de control lógico y/o regulatorio, o partes de éstos, en las Estaciones de Operación.
- b) El control lógico y regulatorio podrá ser programado y ejecutado desde la instrumentación inteligente (FF), en aquellos lazos que no sean críticos con el objetivo de reducir la carga de procesamiento en las Unidades de Procesamiento y/o Controladores.
- c) Los Controladores deben tener características técnicas, tales como: Tolerancia a Fallas, Configuración en y fuera de línea, reemplazo en caliente (Hot Swap), batería propia de respaldo para no perder su configuración.
- d) La modularidad y distribución de las Unidades de Procesamiento debe ser por Salas de Gabinetes, Salas Eléctricas, Áreas de Proceso y Operaciones Unitarias.
- e) En general, los controladores, sus fuentes de poder y módulos de comunicaciones deberán estar en gabinetes separados de los módulos de Entradas/Salidas.
- f) Los controladores deberán ser programables mediante cartas de flujo de Secuencia (SFC), diagramas de bloques de funciones (FBD), texto estructurado (ST) y/o lenguaje escalera (LD) de acuerdo al estándar IEC 61131-3.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :33 de 85</p>
--	--	--


- g) La capacidad de trabajo de los procesadores del SCC no deberá exceder el 50% de su capacidad de procesamiento.

#### 7.12.2.2 Unidades de Entradas y Salidas (E/S)

- a) Las unidades de entradas y salidas irán ubicadas principalmente en la Salas Eléctricas y en terreno (gabinetes remotos).
- b) La tecnología a utilizar en las unidades del sistema de control para la adquisición de las señales de E/S, dependerá del tipo de instrumentación utilizada., ya sea: Señal digital (bus de campo), tecnología convencional o Señales Inalámbricas (Wireless).
- c) Los módulos de E/S deberán ser capaz de aceptar los siguientes tipos de señales de E/S:
1. Protocolo Foundation Fieldbus.
  2. Protocolo Ethernet TCP/IP.
  3. Protocolo Profibus DP / PA.
  4. Protocolo DeviceNet.
  5. Protocolo Modbus TCP/IP, ControlNet, ProfiNet.
  6. Protocolo ASI.
  7. 4-20 mA cc aisladas (más HART).
  8. 120 Vac aislada para señales discretas de estado y alarmas.
- d) La tecnología a utilizar para la adquisición de señales de entradas y salidas en las unidades del SCC dependerá de la instrumentación de terreno la cual deberá ser tipo inteligente y con comunicación digital, preferentemente bus de campo Foundation Fieldbus que cumpla con el estándar IEC-61158-2. Sin embargo, para aplicaciones en plantas existentes serán del tipo convencional.
- e) El proveedor de los dispositivos de terreno deberá entregar una memoria de cálculo de respaldo para el dimensionamiento de los segmentos Foundation Fieldbus H1, que incluya carga de datos de los segmentos, Troncal (trunk) y Ramal (spur) y consumos de potencia.

#### 7.12.2.3 Servidores

- a) Los Servidores del SCC deberán considerar dentro de sus capacidades, características técnicas, tales como: Tolerancia a fallas, Recuperación de datos en tiempo real, arreglos de discos duros (RAID), permitir la administración y control remoto, permitir cambios con el sistema energizado (Hot-Swap), poseer interfaces del tipo Ethernet 10/100/1000 Mbps (ópticas, alámbrica e inalámbrica) y con facilidades TCP/IP.
- b) Los Servidores, físicos o virtuales, deberán soportar: Pantallas Gráficas (HMI), Base de Datos, DNS, SMS, DHCP, Gestión Alarmas, Validación de Acceso.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 34 de 85</p>
--	--	---


Dentro de estos dispositivos se encuentran: Los servidores de Aplicación del SCC, los Servidores de Registro Histórico, Servidores OPC (DA, HDA; A&E), etc.

- c) Los Servidores de Aplicación de Sistema de Control, maneja la base de datos global de la configuración del SCC, y estarán ubicados en la Sala de Datos. Este servicio puede residir tanto en máquinas exclusivas como en máquinas compartidas.
- d) Los Servidores de registro histórico, aplicación dedicada para almacenar estados de variables de procesos y ubicadas en la sala de Datos. Este servicio puede residir tanto en máquinas exclusivas como en máquinas compartidas (virtuales).
- e) Los Servidores OPC son instalados en la sala de Datos. Estas aplicaciones deberán ser utilizadas para integrar al SCC, los servicios siguientes:
  - 1. Estrategias de control avanzado
  - 2. Simuladores de proceso
  - 3. Plataforma para análisis de imágenes de proceso
  - 4. Sistemas de administración de información de proceso (PIMS)
  - 5. Sistema de información operacional y mantenimiento (SIGO&M)
  - 6. Sistemas de ejecución de la producción (MES)
  - 7. Sistemas especializados en la administración de alarmas (AMS)
  - 8. Sistema CCTV

Estas aplicaciones pueden residir tanto en máquinas exclusivas como en máquinas compartidas, por lo general corresponden a suministros por terceros.

#### **7.12.2.4 Red de Control Procesos**

- a) La Red de Control Procesos (conocida también como o red de Automatización) es una Red de Acceso con una arquitectura que satisface todos los requerimientos de comunicaciones del SCC para el monitoreo, operación y control de la planta. Además de acuerdo con el modelo de telecomunicaciones el suministro deberá incluir el equipamiento necesario para conectarse a la RISC.  
Para más detalle, ver Criterio de Diseño Telecomunicaciones SGP-GI-CO-CDI-001, DCC2008-VCP.GI-CRTO02-0000-001-0.
- b) La Red de Control Procesos incluye controladores de proceso, servidores de aplicación del SCC, Estaciones de Operación e Ingeniería, Servidores OPC y conmutadores de Red de Acceso. Esta red estará compuesta por interfaces del tipo Ethernet (ópticas, alámbrica y/o inalámbrica), con facilidades TCP/IP.
- c) La conectividad entre los Controladores y las redes de comunicación digital para dispositivos de terreno, como: Instrumentación de Terreno inteligente, Centro de Control Motores y Equipos Eléctricos, Entradas y Salidas Remotas, se realizará mediante buses de campo, como: Foundation Fieldbus, Profibus DP, DeviceNet, ControlNet, Modbus RTU, Ethernet, Ethernet con conexión OPC, etc.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :35 de 85</p>
--	--	--


También se incluyen aquellas redes de comunicación de los sistemas de control suministrados con Equipos Mecánicos Mayores y/o Procesos Unitarios (ver Anexo A).

- d) La arquitectura de la Red de Control Procesos podrá tener una topología redundante tipo anillo, lineal, estrella o árbol invertido.
- e) Características de la Red de Control Procesos:
  - 1. Determinística o aleatoria
  - 2. Redundante y tolerante a fallas
  - 3. Medio físico; Fibra Óptica monomodo (protección UV y retardante a la llama, Cable radiante o Inalámbrica.
  - 4. Velocidad sobre los 100 Mbps, sujeta a las facilidades TCP/IP.
  - 5. Para largas distancias, se recomienda utilizar el cable de fibra óptica (F.O.) monomodo tipo OPGW (Optical Grounding Wire).
  - 6. Canalización: Por ductos y/o escalerillas y aérea.
- f) Se requiere que todos los equipos y accesorios sean de fabricación estándar, la misma marca y fabricante, de manera de minimizar el stock de repuestos y simplificar los procedimientos de mantenimiento.
- g) La Red de Proceso para interconectarse e interfuncionar con la red RISC requiere de un SLA de 100% de extremo a extremo.
- h) La Red de Proceso para interconectarse e interfuncionar a nivel de Controladores y Buses de Campo debe tener un SLO de 100%.
- i) La Red de Proceso será una red redundante en media y equipos para mantener el SLA y SLO exigido.

#### 7.12.2.5 Red Plataforma Operación y Control SCC

- a) La Plataforma de Operación y Control corresponde a una red de acceso con una arquitectura que cumpla o satisfaga todas las comunicaciones del SCC para el monitoreo, operación y control de la planta. Además de acuerdo con el modelo de telecomunicaciones deberá incluir el equipamiento, configuraciones, plan de numeración IP, plan de Calidad de Servicio, necesario para conectarse a la RISC, ver Criterio de Diseño Telecomunicaciones SGP-GI-CO-CDI-001, DCC2008-VCP.GI-CRTRCO02-0000-001-0.
- b) La Plataforma de Operación y Control del SCC y la conexión entre los conmutadores de red de acceso, estará compuesta por interfaces del tipo Ethernet (ópticas, alámbrica e inalámbrica), con facilidades TCP/IP.
- c) Las Estaciones de Operación, Las Estaciones de Ingeniería, El Sistema Integrado de Gestión Operacional y Mantenimiento (SIGO&M), El Servidor Registrador



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 36 de 85</p>
--	--	---

Histórico, Los Servidores OPC (ver punto 3.6.3.3.e), etc., se deberán conectar a esta red.

- d) La red de la Plataforma de Operación y Control del SCC para interconectarse e interfuncionar con la red RISC requiere de un SLA de 100% de extremo a extremo.
- e) La Red de la Plataforma de Operación y Control del SCC será una red redundante en media y equipos para mantener el SLA exigido.

#### 7.12.2.6 Red de Instrumentos

- a) La conexión de la instrumentación de campo con los controladores constituye redes conforme a los diferentes protocolos: Foundation Fieldbus, Ethernet TCP/IP, Profibus DP / PA, DeviceNet, Modbus TCP/IP, ControlNet, ProfiNet, Protocolo ASI.
- b) En particular, la red tipo Foundation Fieldbus H1 cuyas características técnicas se definen en el punto 3.2.3, permitirá integrar la instrumentación inteligente al Sistema de Control Central.

#### 7.12.2.7 Estaciones de Operación (EOP)


- a) Las EOP deberán ser capaces de desplegar la información de las variables de proceso de diferentes maneras, para facilitar las tareas de operación y control del proceso, mediante despliegues tipo overview (vistas generales), partes del proceso y detalles de controladores, pop-ups, tendencias, reportes, etc.
- b) Las EOP estarán basadas en tecnología PC estándar con un hardware de la mayor modernidad posible, usarán SO Windows, interfaces del tipo Ethernet 10/100/1000 Mbps (óptica, alámbrica e inalámbrica) y con facilidades TCP/IP, fuente de poder redundante, incluirán parlantes, lectores y grabadores de DVD.

#### 7.12.2.8 Estación de Ingeniería (EIN)

- a) Las EIN permitirán configurar los controladores, diseñar las páginas gráficas de visualización del proceso, diseñar la estructura de los reportes y alarmas, configurar los despliegues de tendencias de variables primarias o calculadas, configurar y diseñar las páginas de control del proceso.
- b) Las EIN estarán basadas en tecnología PC estándar con un hardware de la mayor modernidad posible, usará SO Windows, interfaces del tipo Ethernet 10/100/1000 Mbps (óptica, alámbrica e inalámbrica) y con facilidades TCP/IP, incluirán parlantes, lectores y grabadores de DVD.

#### 7.12.2.9 Gabinetes



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :37 de 85</p>
--	--	--


Las Características de los Gabinetes de Controladores y Comunicación, de E/S y de E/S Remotos, Conmutadores Red de Acceso (C.R.A.) son:

- Los gabinetes serán metálicos con protección NEMA 12 para aquellos instalados en las salas eléctricas y para los gabinetes instalados en la Sala de Datos será NEMA 1. El NEMA 4 será para instalación a la intemperie y para ambientes corrosivos protección NEMA 4X.
- Los gabinetes deben tener suficientes bornes, bandejas y espacio para acomodar todos los cables con al menos un 20% de puntos de entradas y salida libres.
- Los gabinetes deberán ser completamente alambrados en fábrica, con todos sus accesorios tales como barras de tierra, canaletas para cables, luces interiores, enchufes, fusibles, interruptores automáticos, etc., todo lo cual debe quedar debidamente identificado.
- El Proveedor emitirá para aprobación de Codelco los planos de diseño, disposición y conexión de los componentes internos. Similar requerimiento para los diagramas unilineales de cada gabinete.
- La acometida de los cables de entradas y salidas a los gabinetes deberán ser por la parte inferior, a menos que se indique otro acceso en la hoja de datos.
- Los gabinetes deberán incluir iluminación interna, accionada mediante la apertura de sus puertas.
- El acceso a los gabinetes deberá ser frontal y posterior.
- Los gabinetes deberán ser sin ventilación forzada.
- Los Rack de los Conmutadores de Red de Acceso (C.R.A.) deben disponer de puerta delantera plegable con marco de chapa y estructura de plegados múltiples de alta seguridad.

### 7.12.3 Requerimientos del Software de Configuración

#### 7.12.3.1 Requerimientos Generales


- Todas las funcionalidades del Software de Configuración que a continuación se definen, cuando corresponda, serán implementadas en la Estación de Ingeniería y/o las Estaciones de Operación.
- El SCC proporcionará un Servidor de Autenticación y Validación que restringirá el acceso al sistema desde cualquier punto de la RISC (ubicuo).

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :38 de 85</p>
--	--	--

- c) Para la configuración en las estaciones de operación e ingeniería se utilizará aplicaciones orientadas al objeto, tales como: Despliegues Gráficos, Despliegues tipo “Pop-Up”, comandos y secuencias, reportes, tendencias, alarmas, etc.
- d) La programación de las Unidades de Procesamiento o Controladores desde la estación de ingeniería, se deberá hacer mediante Cartas de Flujo de Secuencia (SFC), diagramas de Bloques de Funciones (FBD), Texto Estructurado (ST) y/o Lenguaje Escalera (LD), de acuerdo al estándar IEC 61131-3.
- e) Deberán existir como mínimo tres (3) niveles de acceso:  
Nivel 1, Operación  
Nivel 2, Supervisión  
Nivel 3, Configuración
- f) El proveedor deberá incluir el Firmware y todas las licencias Software necesarias para: administrar, programar, configurar y desarrollar todas las aplicaciones, periféricos y componentes del SCC, incluyendo el sistema operativo.
- g) El Software de configuración del SCC será instalado en la Estación de Ingeniería. Desde esta estación se deberá tener acceso a todos los componentes del SCC y deberá tener, a lo menos, las funcionalidades siguientes: administración, programación, configuración, mantención, monitoreo, evaluación y desarrollo de todas las aplicaciones, componentes y periféricos.

#### 7.12.3.2 Funcionalidades del Software de Configuración

- a) El Software de Configuración debe realizar, al menos, las siguientes funciones, cuando se ejecute desde la Estación de Ingeniería:
  1. Configurar y programar las Unidades de Procesamiento o Controladores.
  2. Realizar modificaciones en tiempo de ejecución (online).
  3. Diseño de despliegues gráficos, plantillas Faceplates, pop-up, tendencias, orientados al objeto.
  4. El desarrollo de los despliegues gráficos deberá estar de acuerdo a las recomendaciones del consorcio ASM® (Abnormal Situation Management).
  5. Capacidad de diagnóstico de todo el SCC.
  6. Opcionalmente deberá contar con herramientas y capacidades de programación tales como Visual Basic Application (VBA) y C++.
  7. Capacidad de Autotuning.
  8. Registro Histórico: Capacidad para configurar el almacenamiento de datos, eventos, registros y estados del SCC.
- b) El Software de Configuración debe realizar, al menos, las siguientes funciones, cuando se ejecute desde las Estaciones de Operación:

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :39 de 85</p>
--	--	--

1. Configurar los despliegues gráficos del proceso (HMI<sup>7</sup>), los cuales tienen como principal función desplegar información de monitoreo y control para facilitar la toma decisiones a los operadores.
2. Configurar las variables de proceso que serán desplegadas y la forma en que éstas serán presentadas.
3. Consolidar toda la información del proceso.
4. Desarrollar las interfaces de usuario para desplegar la información, alarmas y realizar ajustes del proceso, además debe permitir el despliegue de diferentes gráficos o pantallas en forma simultánea. La definición de las alarmas debe estar de acuerdo a lo establecido en el estándar ISA-18.1 “Annunciator Sequences and Specifications”.


#### 7.12.4 Integración.

La integración del SCC y los sistemas de control suministrados con Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios, tales como: Sistema Scada Eléctrico, CCM's y VDF's, Sistema CCTV de Proceso y el Sistema de Detección Incendios<sup>8</sup>, deberán cumplir con:

- a) Los Sistemas de Control suministrados con los Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios, que sean iguales al SCC, deberán conectarse en forma directa a la Red de Supervisión y Control (RISC).
- b) Los Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios que incluyan su propio sistema de control, el cual no pueda conectarse en forma directa a la red de proceso del SCC, deberán suministrar una interfaz con protocolo de red abierto a nivel de comunicaciones entre controladores privilegiando el uso de los estándares de comunicación, tales como: Profibus, Device Net, Modbus TCP/IP, ControlNet, Profinet, EthernetIP o Ethernet con conexión OPC.
- c) La conexión de las señales del centro de control de motores al sistema de control central será aquella definida en los criterios de diseño eléctrico. No obstante, se puede considerar un bus de comunicaciones para CCM's inteligentes o una conexión convencional de entradas y salidas por tarjetas del sistema de control central o ambas.
- d) El control y monitoreo, la adquisición de variables y los estados de operación eléctricos de los CCM's y variadores de velocidad inteligentes, será mediante señales de comunicación. En el caso de CCM's y Variadores de velocidad convencionales, se hará control y monitoreo por señales discretas (tensión definida por el proyecto), y para control y monitoreo de variables análogas (corrientes, tensiones, temperaturas de bobinado y descansos motores), se hará por bus de comunicación con protocolo que dependerá de los Relés de Protección de Motores utilizado.

<sup>7</sup> HMI: Human Machine Interface

<sup>8</sup> Especificación Técnica Sistema Detección Incendio, DCCVCP-000-VCPI-00000-ESPAT02-0000-008


 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 40 de 85</p>
--	---	---

- e) El monitoreo de los equipos de medida y protección eléctrica, cuando sea requerido, se realizará vía bus de comunicación digital, preferentemente DeviceNet o Profibus DP.
- f) El enlace de comunicación entre procesadores del sistema de control de los Equipos Mecánicos Mayores móviles (como correa puente de apilamiento y correa de apilamiento, etc.) debe hacerse vía radio frecuencia. El enlace de comunicación entre el sistema de control de los Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios y el SCC debe hacerse vía radio frecuencia y/o fibra óptica. Los sistemas de radio frecuencia a considerar en estos casos, deben ser de uno de los tipos definidos en el Criterio de Diseño Corporativo Telecomunicaciones y la respectiva Especificación Técnica.

#### 7.12.5 Criterios de Reserva

En el diseño se deberán considerar los siguientes criterios de reserva:

- a) 25% de reserva en señales de Entradas / Salidas alambradas.
- b) 20% de espacio disponible en gabinetes, tanto en espacio de tarjetas (slots) como en espacios para bornes.
- c) 15% cables alambrados ya sea en gabinetes como en terreno.
- d) 50% en la capacidad de la red de comunicación del sistema de control.
- e) 20% en la capacidad de las redes de instrumentos y equipos eléctricos.
- f) 50% en la capacidad de procesamiento de los controladores.
- g) 30% en la capacidad de potencia de las fuentes de poder.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 41 de 85</p>
--	---	---

### 7.13 Aplicaciones de Control Avanzado

La aplicación de estrategias de control avanzado (Control Supervisor) debe estar considerada en las nuevas plantas de tratamiento y manejo de minerales en concordancia con el Procedimiento Corporativo Aplicación Convenio Kairos Mining para Proyectos, SGP-GI-AT-PRO-002, DCCVCP-000-VCPI-00000-PRCAT02-0000-002,. Estas aplicaciones han sido consolidadas por Codelco a través de desarrollos propios y convenios establecidos con empresas especialistas en la implementación de aplicaciones del tipo Control Supervisor. Por lo cual, estas soluciones deben ser consideradas y utilizadas en los proyectos a cargo de la VP.

La mayoría de las aplicaciones de control avanzado son del tipo estabilizante tomando como base el manejo de variables, ya sea: controladas o manipuladas, es decir son procesos con manejo de multivariables.


Como una forma de tener una visión general y específica de los requerimientos de equipos, instrumentos de terreno y elementos actuadores durante el desarrollo de las ingenierías de un proyecto, se mencionan a continuación aplicaciones que han sido implementadas en las instalaciones existentes de la Corporación y que servirán de referencia para considerarlas en las ingenierías a desarrollar en los proyectos a cargo de la VP.

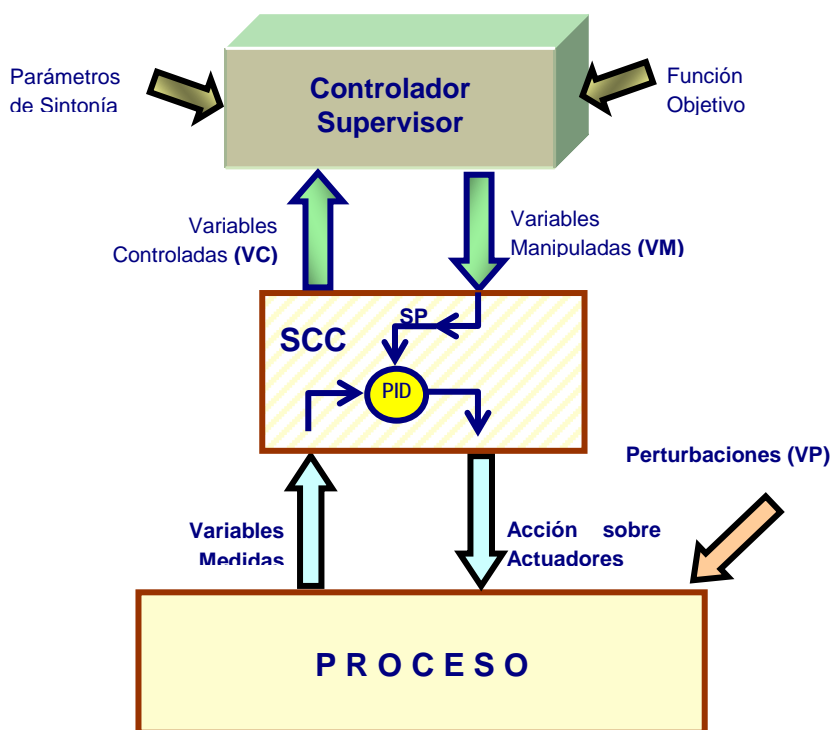
En la figura 5 se muestra un diagrama esquemático, donde se identifica el controlador supervisor, su relación con el proceso y el sistema de control central:

- Sistema de Control Central (SCC), donde se configuran las funciones de entrada - salida de señales (desde sensores y hacia actuadores) y de control regulatorio convencional, tales como: enclavamientos, alarmas, controladores PID.
- Un computador-servidor, donde residan las aplicaciones del Control Supervisor e interactúen con el Sistema de Control Central. También incluye las Licencias de Software, para la aplicación del Control Supervisor.
- Un Servidor OPC DA (OPC Data Access) con capacidad para comunicarse con aplicaciones que posean un servidor o un cliente OPC.

A continuación, se entrega una reseña de algunas estrategias de control basadas en Control Supervisor (Control Avanzado):

- Estrategia de Control en Molinos SAG.
- Estrategia de Control en Circuitos de Molienda - Clasificación.
- Estrategia de Control en Líneas de Flotación.
- Estrategia de Control en Columnas de Flotación.
- Estrategia de Control en Espesadores.

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 42 de 85</p>
---	---	---



**Fig. 5.- Diagrama Esquemático Sistema de Control Supervisor**

### 7.13.1 Estrategia de Control en Molinos SAG


Este controlador tiene como Objetivo Primario:

“Contribuir a la Maximización de las Utilidades Marginales, por medio de la estabilización del proceso , a la vez que apoya a operaciones para aumentar el tratamiento”.

Con relación a este objetivo global, los principales objetivos específicos de esta estrategia son:

- Estabilizar la operación del molino SAG, expresada como una disminución en la variabilidad de la presión de los descansos, principalmente.
- Dada la mayor estabilidad, tender a un aumento de tratamiento del molino SAG.

Las restricciones operacionales a que está típicamente sometida la operación del SAG y, consecuentemente, el Controlador Supervisor, son:

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 43 de 85</p>
--	--	---

- Mantener la operación en un rango de presión especificada por operaciones.
- No superar la potencia (o torque) máxima permisible en el motor del SAG.
- No superar límite máximo de nivel de pulpa en cuba de descarga.
- No bajar del límite mínimo de nivel de pulpa en cuba de descarga.
- No superar el máximo tonelaje permisible en los Pebbles generados.
- Mantenerse en el rango de ruido del molino, especificado por operaciones.
- En caso de existir un chancador en línea, evitar exceder la máxima potencia del chancador.

#### 7.13.1.1 Requerimiento de Variables a Medir

La instrumentación de medición necesaria para la implementación de este tipo de estrategia es:

- Tonelaje fresco alimentado.
- Tonelaje de Pebbles producidos por el SAG.
- Tonelaje de Pebbles recirculados al molino, ya sean chancados o sin chancar.
- Presión de descansos del molino (y/o peso con celda de carga).
- Potencia del motor.

Además, como instrumentación adicional, se considera:

- Medición de granulometría de mineral alimentado al molino.
- Medición de ruido del molino.

#### 7.13.1.2 Requerimientos de Actuadores

En el caso de los equipos o instrumentación de actuación, el requerimiento mínimo necesario es el siguiente:

- Alimentadores para proveer el mineral fresco desde el acopio.
- Válvula para la adición de agua al molino.
- Accionamiento para ajustar la velocidad del SAG (en caso de molinos de velocidad variable).

#### 7.13.1.3 Lazos de Control Regulatorio


Se considera que se encuentran operando en forma satisfactoria los controladores:

- PI<sup>9</sup> para alimentación de tonelaje.
- PI en razón, para regular el porcentaje de sólidos al SAG.
- Estación manual (o equivalente), para ajustar la velocidad del SAG.

---

<sup>9</sup> PI: Control Proporcional + Integral



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :44 de 85</p>
--	---	--

#### 7.13.1.4 Variables del Controlador Supervisor

Las variables que utiliza el Controlador Supervisor son:

Variables manipuladas (MV)

- Referencia de tonelaje alimentado.
- Referencia de porcentaje de sólidos en el molino.
- Referencia de velocidad del molino.

Variables controladas (CV).

- Presión de descansos.
- Potencia del motor del SAG.
- Potencia del chancador de Pebbles en línea, en caso de ser una limitante.
- Tonelaje de Pebbles producidos (en caso de haber capacidad de transporte limitada).

Perturbaciones medidas (DV).

- Granulometría de alimentación al SAG.
- Pebbles alimentados al SAG (ya sea chancados o retornados directos).

#### 7.13.2 Estrategia de Control en Molinos de Bolas

Al igual que la estrategia aplicada en los Molinos SAG, este controlador utilizado en la operación de circuitos de molienda-clasificación tiene el Objetivo Primario de:


“Contribuir a la Maximización de las Utilidades Marginales, por medio de la estabilización de la operación del circuito y producir condiciones que permitan tender a aumentos de tratamiento”.

Para satisfacer este objetivo global en estos circuitos, los principales objetivos específicos de esta estrategia son:

- Estabilizar la operación del circuito en general, principalmente como una disminución en la variabilidad de la presión de alimentación a ciclones.
- Mantener la granulometría de producto en el valor especificado por operaciones.

Por la naturaleza y función de esta etapa del proceso de concentración, la estrategia también estará sujeta a restricciones que deben satisfacerse, siendo ellas las siguientes:

- Mantener estable la granulometría del producto enviado a flotación. Lo ideal sería cumplir con los requerimientos de flotación sin ejercer una molienda excesiva del mineral.
- No superar los límites de capacidad de los equipos de molienda, transporte y clasificación, evitando derrames y sobrellenado.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 45 de 85</p>
--	--	---

- Asegurar condiciones de presión, flujo y densidad de la pulpa a ciclones, que permitan clasificar el mineral de acuerdo a las características de diseño de la batería de hidrociclones.
- Maximizar la eficiencia de molienda del circuito de molienda-clasificación, para crear un potencial de mayor tratamiento.

#### 7.13.2.1 Requerimientos de Variables a Medir.

La instrumentación de terreno necesaria para la operación de esta aplicación es:

- Tonelaje alimentado al molino.
- Agua alimentada al molino.
- Agua de dilución a la cuba de la bomba.
- Potencia del molino.
- Densidad de alimentación a ciclones.
- Presión en el “*manifold*” de alimentación a la batería de ciclones.
- Nivel de pulpa en la cuba de la bomba.
- Estado (abierto/cerrado) de ciclones.
- Granulometría de rebalse de ciclones.

Como instrumentación deseable, se considera:

- Flujo de pulpa alimentada a ciclones.

#### 7.13.2.2 Requerimientos de Actuadores.


Para los actuadores el requerimiento mínimo es el siguiente:

- Alimentadores para la adición de mineral fresco.
- Válvula para el agua que se adiciona en el molino.
- Bomba de velocidad variable en la alimentación a la batería de ciclones.
- Válvula para la adición del agua de dilución a la cuba.
- Abertura y cierre remoto de válvulas de ciclones.

#### 7.13.2.3 Lazos de Control Regulatorio.

Es necesario que se encuentren implementados los siguientes lazos de control:

- Controlador PI para el tonelaje alimentado, regulado con alimentador.
- Controlador PI para el agua al molino, regulada con válvula automática. Este lazo opera en razón con el de tonelaje.
- Controlador PI para el agua de dilución a la cuba, regulada con válvula automática.
- Controlador PI para el nivel de pulpa en la cuba regulada, ya sea con referencia de agua de dilución a la cuba (lazo maestro) o con velocidad de bomba. Este lazo se pasa a manual cuando opera la estrategia de Control Supervisor de los Molinos de Bolas.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :46 de 85</p>
--	---	--

#### 7.13.2.4 Variables del Controlador Supervisor

Las variables que utiliza el Controlador Supervisor son:

Variables manipuladas (MV)

- Referencia de tonelaje alimentado.
- Referencia de porcentaje de sólidos en el molino.
- Referencia de velocidad de bomba.
- Referencia de agua a la cuba.

Variables controladas (CV)

- Granulometría de rebalse de ciclones.
- Presión de alimentación a ciclones.
- Potencia del motor del molino.
- Nivel de pulpa en cuba.
- Porcentaje de sólidos de alimentación a ciclones.

Perturbaciones (DV)

- Granulometría y dureza de mineral alimentado al molino (no medidas).

#### 7.13.3 Estrategia de Control en Celdas de Flotación Tipo Convencional.

El Objetivo Primario de una estrategia de control supervisor estabilizante en líneas de flotación de tipo convencional es:


“Contribuir a la Maximización de las Utilidades Marginales, por medio de una estabilización de la operación, habilitando a operaciones para aumentos en la Recuperación de Cobre”.

Para satisfacer este objetivo global en estas líneas de flotación, los principales objetivos específicos de esta estrategia son:

- Estabilizar la operación de la línea en general, principalmente como una disminución en la variabilidad de la velocidad de espuma.
- Mantener un espesor de la capa de espuma, en un rango especificado por operaciones.
- Tender a reducir la ley de cobre en el relave de la línea.

Las restricciones de mayor relevancia, bajo las cuales debe buscarse la satisfacción de este objetivo son las siguientes:

- No superar un nivel de pulpa máximo en cada banco de la línea.
- Mantener un espesor de espuma superior a un mínimo dado.
- Lograr que la velocidad de las burbujas en cada celda se mantenga en un rango especificado.
- Tender a una reducción de la ley de cobre en el relave de cada línea.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 47 de 85</p>
--	---	---

- No superar el máximo nivel en el cajón colector de concentrado.
- Mantener la ley de cobre en el concentrado, en un rango especificado por operaciones.

En algunos casos, también podría ser deseable:

- Conseguir que el tamaño medio de burbujas esté en un cierto rango, para cada celda.

La principal función de esta estrategia es la de estabilizar el proceso de flotación, a fin de imprimirle la máxima gobernabilidad operacional; es esta propiedad, en definitiva, la que crea las condiciones para tender al aumento de la recuperación.

#### 7.13.3.1 Requerimiento de Variables a medir.

La instrumentación de medición necesaria para la implementación de este tipo de estrategia es:

- Nivel de pulpa en cada banco de flotación.
- Nivel de espuma en cada celda.
- Tamaño medio de burbujas en cada celda, con cámaras.
- Velocidad de espuma en cada celda, con cámaras.
- Nivel del pozo de colección de concentrado.
- Ley de cobre en relaves de la línea.
- Ley de cobre en el concentrado de la línea.

En el caso de celdas con inyección de aire forzado, es necesario medir también el:

- Flujo de aire en cada celda.

#### 7.13.3.2 Requerimientos de Actuadores.


La instrumentación para actuar sobre el proceso de flotación es limitada, siendo ella la siguiente:

- Acción sobre Tapones en la descarga de cada banco.
- Dosis de colector (primario, secundario, según el caso).
- Dosis de espumante.
- Válvulas para acción sobre el aire a cada celda (en caso de tener inyección forzada).

#### 7.13.3.3 Lazos de Control Regulatorio.

Para la operación de esta estrategia, es necesario que se encuentren implementados y operando los siguientes lazos de control:

- Controlador PI para regular el nivel de pulpa en cada banco, actuando sobre los tapones.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 48 de 85</p>
--	--	---

- Controlador de razón (al tonelaje alimentado), para el colector utilizado (primario, secundario).
- Controlador de razón (al tonelaje alimentado), para el espumante utilizado.
- Controlador PI para regular el flujo de aire a cada celda, en caso de que éstas tengan inyección de aire forzado.

#### 7.13.3.4 Variables del Controlador Supervisor

Las variables que utiliza en este controlador se indican a continuación.

##### Variables manipuladas (MV)

- Referencia de nivel de pulpa en cada banco.
- Referencia de dosis de colector (primario, secundario).
- Referencia de dosis de espumante.
- Referencia de flujo de aire a cada celda (en caso de tener inyección forzada).

##### Variables controladas (CV)

- Velocidad de espuma en cada celda.
- Espesor de espuma en cada banco (o celda según el caso).
- Ley de cobre en relave de la línea.
- Ley de cobre en concentrado de la línea (en caso de medirse).

##### Perturbaciones medidas (DV)

- Granulometría de producto de molienda (en caso de medirse).
- Ley de cobre en la alimentación a la línea.

#### 7.13.4 Estrategia de Control en Columnas de Flotación.


Para esta aplicación de control, utilizada en columnas de flotación, el Objetivo Primario es:

“Contribuir a la Maximización de las Utilidades Marginales, por medio de la estabilización de su operación especialmente reduciendo la variabilidad de la ley de cobre en el concentrado final”.

Para satisfacer este objetivo global en cada columna, el principal objetivo específico de esta estrategia es:

- Estabilizar la operación en general, principalmente como una disminución en la desviación estándar de la ley de cobre en el concentrado final.

Las restricciones de mayor relevancia, bajo las cuales debe buscarse la satisfacción de este objetivo son las siguientes:

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 49 de 85</p>
--	--	---

- Mantener la ley de cobre en el valor especificado por operaciones, reduciendo a un mínimo las desviaciones.
- Mantener un nivel de pulpa en el rango especificado por operaciones, contribuyendo a asegurar la ley de concentrado requerida.
- Mantener el espesor de espuma en el rango que contribuya a conseguir la ley de concentrado final especificado.

#### 7.13.4.1 Requerimientos de Variables a Medir

La instrumentación de medición que se requiere para esta aplicación es:

- Ley de cobre en el concentrado.
- Nivel de pulpa en la columna.
- Nivel de espuma en la columna.
- Velocidad de espuma en la columna.
- Flujo de agua de lavado.
- Flujo de aire inyectado.

Otras variables deseables de medir son:

- Flujo de pulpa a la columna.
- Ley de cobre en la alimentación a la columna.
- Porcentaje de sólidos en la pulpa alimentada.

#### 7.13.4.2 Requerimientos de Actuadores

La instrumentación para actuar sobre el proceso es la siguiente:

- Válvulas en descarga de la columna.
- Válvulas para adición de agua de lavado.
- Válvula para regular la inyección de aire.

#### 7.13.4.3 Lazos de Control Regulatorio.


Estos lazos de control requeridos para la operación de cada columna son:

- Controlador PI para el flujo de aire a la columna.
- Controlador PI para regular el nivel de pulpa en la columna.
- Controlador PI para ajustar el flujo de agua de lavado.

#### 7.13.4.4 Variables del Controlador Supervisor

Las variables que se incluye en la operación de este controlador se indican a continuación:

Variables manipuladas (MV)

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 50 de 85</p>
---	---	---

- Referencia de agua de lavado.
- Referencia de flujo de aire inyectado.
- Referencia de nivel de pulpa en la columna.

#### Variables controladas (CV)

- Ley de cobre en el concentrado.
- Espesor de espuma en la columna.
- Velocidad de espuma en la columna.

#### Perturbaciones medidas (DV)

- Flujo de pulpa alimentada a la columna (deseable que se mida).
- Ley de cobre en la alimentación.
- Porcentaje de sólidos de la pulpa alimentada.

### 7.13.5 Estrategia de Control en Espesadores

Para esta aplicación de control, utilizada en Espesadores, el Objetivo Primario es:  
"Contribuir a la Maximización de las Utilidades Marginales, por medio de la estabilización de su operación y aportando condiciones que permitan tender a aumentos en el agua recuperada".

Para satisfacer este objetivo global en el Espesador, el principal objetivo específico de esta estrategia es, estabilizar la operación en general, principalmente como una disminución en la variabilidad del porcentaje de sólidos de la pulpa en su descarga. Las restricciones de mayor relevancia, bajo las cuales debe buscarse la satisfacción de este objetivo son las siguientes:


- No superar un torque (o potencia o corriente) máximo del motor de las rastras.
- Conseguir que el porcentaje de sólidos de descarga del Espesador se mantenga en un cierto rango especificado por operaciones.
- Mantener un nivel mínimo dado de agua clara.
- En algunos casos, asegurar que el flujo en la canaleta de descarga se mantenga por sobre un valor mínimo.
- En algunos casos, asegurar que el nivel de pulpa en la canaleta de descarga no supere un máximo establecido.

#### 7.13.5.1 Requerimientos de Variables a Medir

La instrumentación de medición que es requerida por esta aplicación es:

- Torque (o potencia o corriente) del motor de rastras.
- Nivel de interfaz de agua clara.
- Porcentaje de sólidos de la pulpa de descarga (en cada línea).
- Flujo de mezcla de floculante.



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 51 de 85</p>
--	--	---

Como instrumentación, se encuentra la siguiente:

- Flujo de agua recuperada.
- Flujo de pulpa alimentada al Espesador.
- Porcentaje de sólidos de pulpa alimentada al Espesador.
- Flujo de pulpa en descarga del Espesador.

Toda esta instrumentación de medición deberá encontrarse en un estado de calibración confiable, tanto desde el punto de vista electrónico como también metalúrgico y operacional.

#### 7.13.5.2 Requerimientos de Actuadores

La instrumentación para actuar sobre el proceso es la siguiente:

- Válvulas en descarga de cada línea.
- Válvulas para adición de mezcla de floculante.
- Accionamiento de velocidad variable sobre bomba (según el caso).

Otra variable manipulada, disponible en algunos Espesadores, es la velocidad de la rastra.

#### 7.13.5.3 Lazos de Control Regulatorio.

Estos lazos de control son limitados en los Espesadores, pudiendo ser:

- Controlador PI para el flujo de mezcla de floculante.
- Ajuste de velocidad de bomba en la descarga.
- Opcional al anterior, controladores PI para regular flujo (o velocidad) en línea de descarga.
- También como opción a los anteriores (o combinado), acción sobre válvula en descarga del Espesador.


#### 7.13.5.4 Variables del Controlador Supervisor

Las variables que se incluye en la operación de este controlador se indican a continuación.

Variables manipuladas (MV)

- Referencia de dosis de mezcla de floculante, según flujo (o tonelaje) alimentado.
- Referencia de flujo de descarga en cada línea del Espesador (o posición de válvula).
- Referencia de velocidad de bomba (como alternativa o complemento a la anterior).

Variables controladas (CV)

 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :52 de 85
--	--	---

- Porcentaje de sólidos de descarga.
- Torque (o potencia o corriente) del motor de rastras.
- Nivel de interfaz de agua clara.
- Turbidez del agua recuperada (posible según el caso).

Perturbaciones medidas (DV)

- Flujo de pulpa alimentada al Espesador.
- Densidad de pulpa alimentada al Espesador.

### 7.13.6 Alianzas estratégicas

Codelco ha adoptado como una filosofía de trabajo acciones que se han orientado a la innovación tecnológica, para lo cual ha creado alianzas estratégicas con empresas y organizaciones de desarrollo e investigación, que son líderes mundiales en la materia. A continuación se presentan aquellas que se relacionan con nuestro quehacer, en el ámbito de la Automatización.


- a) KAIROS Mining: Empresa tecnológica en la cual CODELCO comparte propiedad con la empresa Honeywell.

Esta empresa tiene como objetivo principal prestar servicios de de Automatización y Control de procesos industriales y proveer licencias de tecnología y software. Se han abordado proyectos en las distintas Plantas Concentradoras de Codelco, en las cuales ha aplicado soluciones de control avanzado mejorando los índices de utilización y mejores resultados operacionales.


La VP en conjunto con la ex vicepresidencia de servicios compartidos (VS) desarrollaron un procedimiento de trabajo para cuando sea necesario aplicar este convenio en los proyectos, este documento se identifica como Procedimiento Aplicación Convenio Kairos Mining para Proyectos, SGP-GI-AT-PRO-002, DCCVCP-000-VCPCI-00000-PRCAT02-0000-002-0.

Este procedimiento será aplicado durante el ciclo inversional de los proyectos, y para aquellos donde su alcance incluya Plantas Concentradoras o ampliaciones de éstas, para los procesos de Chancado, Molienda, Flotación, Espesamiento y Molibdeno.

- b) MICOMO: Empresa de información y comunicación creada en conjunto con Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT). El principal servicio de esta empresa es entregar soluciones para sistemas de comunicaciones IP de alta velocidad, aplicación de tecnología fotónica, sistema integrado de gestión y operación remota multimedia, monitoreo estructural BOTDR y monitoreo ambiental (PM10).
- c) MIRS: Mining Industry Robotic Solutions empresa dedicada a entregar soluciones y servicios robóticos para la minería mundial.  
Su objetivo es optimizar las expectativas operacionales de seguridad y calidad.

 <b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :53 de 85
<b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	

- d) Plant Information (PI) de OSISoft: Esta empresa cuya representada es Contac Ingenieros, es la encargada de entregar las soluciones de Hardware y Software ante los requerimientos de implementación de captura de información desde los Sistemas de Control con el objetivo de gestionarlas a los distintos clientes en formato y fondo.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :54 de 85</p>
--	---	--

## 7.14 Centro Integrado de Operación y Gestión (CIOG)

El objetivo fundamental de este Centro es aplicar la Operación y Gestión Centralizada de las operaciones de la Planta, tomando como base de diseño la Integración Operación Mina - Planta, en donde confluye una arquitectura tal que permite concentrar los sistemas, equipos y dispositivos que permiten implementar una plataforma integrada de la información para que la toma de decisiones sea en forma oportuna y adecuada. Se integran los múltiples sistemas de monitoreo, control y telecomando de los procesos involucrados, con el objetivo de alcanzar una operación más segura, eficiente y agregando valor, representando la “Gestión Inteligentemente del Negocio” (Business Intelligence).

Por lo tanto, es esencial la aplicación de este concepto de Integración, mediante una arquitectura centralizada y ergonómica que permita tener un estándar comfortable en la búsqueda de la seguridad de las personas, uso eficiente de la energía y una producción de calidad y bajos costos.


El diseño de un Centro Integrado de Operación y Gestión debe considerar aspectos técnicos y ergonómicos que permitan un ambiente adecuado a las necesidades de los usuarios, algunas características son:

### a) Requerimientos Técnicos

1. Climatización, presurización y filtrado de aire para polvo y neblina ácida.
2. Doble puerta de sello de aire (tipo exclusiva), cada puerta de doble hoja con dispositivo antipánico.
3. Puertas de Emergencia, adicional a la puerta principal.
4. Iluminación indirecta, con luminiscencia ajustable.
5. Sistema de iluminación de emergencia.
6. Sistema de detección y extinción de incendio.
7. Cielo falso y Piso falso.
8. Aislamiento acústico.
9. Materiales de construcción sólidos e incombustibles.
10. Alimentación eléctrica con respaldo de UPS (respaldo de 45 minutos).
11. Reducción de fuentes de contaminación acústica, polución u otras.
12. Instalación de apoyo, tales como consolas de operación, sillas, mesas, wall display, etc., que respeten las prácticas básicas de ergonomía.

b) Los equipos de climatización deben regular la temperatura entre 18°C y 25°C y la humedad relativa entre 40% y 60%. Los equipos de presurización deben proveer una presión interior de +0.1 kPa respecto de la presión atmosférica.

c) El dimensionamiento de los equipos de climatización deben tomar en cuenta la disipación de calor (BTU/h) de los equipos electrónicos durante la operación normal más la iluminación y la emisión humana.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :55 de 85</p>
--	---	--

- d) La iluminación se debe diseñar siguiendo las recomendaciones del suministrador del CIOG (que podría ser el fabricante del SCC). En general la iluminación empleará dispositivos fluorescentes de montaje embutido o al ras con panel difusor. La intensidad luminosa será de 500 lux.
- e) Las consolas de operación deben ser accesibles desde la parte frontal y posterior.

### 7.15 Sala de Datos (SD)

El CIOG incluye normalmente la Sala de Datos principal, en la cual se encuentran agrupados y concentrados todo el equipamiento y los recursos necesarios para el procesamiento de la información. A continuación se indican algunas características técnicas de esta sala.


- a) La SD es una sala exclusiva cerrada y protegida, en donde se concentran los gabinetes de procesamiento del Sistema de Control Central (de las EO, EI, servidores), servidores del Sistema CCTV, servidores sistema de control de acceso, etc.
- b) Además, en esta sala están localizados los equipos de comunicaciones, conmutadores de red, enrutadores, switches, routers, sistemas de cable estructurado, sistemas de respaldo de energía requeridos por los sistemas de control, comunicaciones y sus plataformas.
- c) La SD se especificará según el estándar de la TIA/EIA 942, indicando el Tier que se haya definido en el proyecto por la disciplina de Telecomunicaciones.
- d) La SD está orientada a concentrar y distribuir los diversos flujos de tráfico en la comunicación de extremo a extremo entre las Plataformas y los sistemas de telecomunicaciones asociados, que conforman la Red de Borde, Redes de Acceso y la Red de Backbone.

Para más detalles ver la Especificación Técnica de la Sala de Datos SGP-GI-CO-ESP-006, DCVP-000-VPGI-00000-ESPCO02-0000-006.

### 7.16 Sala de Ingeniería y Desarrollo

Se define la Sala de Ingeniería y Desarrollo dentro del CIOG, en donde se agruparán las Estaciones de Ingeniería para realizar configuraciones de los distintos sistemas de la planta, tales como Sistema de Control Central, sistema de CCTV, sistema de Intercomunicadores de planta, etc.

Los servidores irán instalados en la Sala de Datos que forman parte de la arquitectura del CIOG.


 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :56 de 85
--	--	---

### 7.17 Estaciones Portátiles

También se definen como dispositivos conectados inalámbricamente a la RISC y que tienen las mismas funcionalidades de una estación de operación ubicada en el centro integrado de operación y gestión.

### 7.18 Centro de Asistencia Remota

Este centro se define como un lugar fuera de los límites de la planta desde donde personal externo apoyará la solución de problemas de operación y configuración.

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 57 de 85</p>
--	--	---

## 7.19 INSTRUMENTACIÓN DE TERRENO

### 7.19.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo de las tecnologías de las comunicaciones ha evolucionado en beneficio de optimizar la transmisión de información desde el origen de la medición de las variables de proceso hasta los Sistemas de Control generando información con significado para **incrementar el conocimiento** y finalmente **tomar decisiones** correctas.

Actualmente existen múltiples tecnologías disponibles para la formación de redes y transmisión de datos, entre otras se encuentran:

- Tecnología Convencional: Señales Analógicas, 4-20 mA + HART.
- Señales Digitales: HART, Foundation FieldBus, DeviceNet, ProfiBus, Ethernet, en varios formatos, etc.
- Señales Inalámbricas (Wireless), tales como: Wi-Fi (IEEE802.11b, g, n), WiMax (IEEE 802.16), Bluetooth, 3G, etc.

La aplicación de una u otra tecnología estará definida por el tipo de Proyecto (Greenfield o Brownfield) a desarrollar, tipo de aplicación, condiciones del sitio, etc.

### 7.19.2 GENERALIDADES

Para la implementación de proyectos, a ejecutar por la VP, se considerarán las siguientes definiciones, relacionadas con el tipo de tecnología en protocolos de comunicación e instrumentos de terreno a utilizar.

### 7.19.3 Protocolos de Comunicación


- a) Para la implementación de proyectos tipo Greenfield, se utilizará preferentemente Instrumentación digital inteligente, mediante el Bus de Campo Foundation Fieldbus (FF).

Las funcionalidades que brinda la Instrumentación digital “inteligente” bajo FF, mejora sustancialmente al de las señales análogas, entre otras características se pueden mencionar: Interoperabilidad, Información integrada como diagnóstico, configuración y calibración remota, calidad de la medición, aplicación de lazos de control en los dispositivos de terreno, son ventajas significativas para su utilización.

La utilización de otros buses de campo, como Profibus DP y/o Devicenet será utilizada, de preferencia, para la comunicación del SCC y equipos eléctricos.

- b) La tecnología analógica resulta aconsejable utilizar cuando en caso de un proyecto tipo Brownfield (ampliaciones de instalaciones existentes) sea la tecnología de



 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 58 de 85</p>
--	--	---

señales convencionales de 4-20 mA + HART, el estándar en las instalaciones de la Corporación que se van a ampliar.


- c) En caso de utilizar la tecnología Wireless<sup>10</sup>, como solución para el monitoreo y control de variables de proceso se recomienda revisar los tiempos de respuesta totales y latencia que proporciona el sistema de automatización, en relación a los requerimientos establecidos para la aplicación en particular.

El uso de esta tecnología principalmente, se aplica en el monitoreo de procesos remotos, automatización de activos móviles, inventario de productos, etc.

#### 7.19.4 Instrumentación de Terreno.

- Se consideran instrumentos a todos los elementos primarios de medida y sus respectivos transmisores utilizados para medir flujo volumétrico, flujo másico, nivel, presión, temperatura, densidad, etc. Las unidades de medidas utilizadas serán las del Sistema Internacional de unidades (SI), para mayor detalle ver Anexo B.
- También son considerados instrumentos los dispositivos eléctricos y electrónicos usados para detectar estados de una de las variables de procesos antes indicadas y de estados de equipos como desalineamiento de correas, interruptores de emergencia correas (pull cord), interruptores ruptura de correa, etc.
- También son considerados instrumentos, todos los elementos que actúan sobre las variables de proceso, tales como válvulas de control, válvulas on/off, válvulas solenoides y otros dispositivos finales de control.
- Otros instrumentos caen en la categoría de Analizadores, entre los cuales se definen: Analizador de Leyes, Analizador de Tamaño Partícula, Analizador de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, etc.
- Además, se encuentra aquellos equipos que son especificados por otras disciplinas, pero que su información es transmitida por señales (bus de campo o convencional), que se conectan directamente al Sistema de Control Central, estos son: Detector de metales, Alimentador Pesométrico, Electro – imán, Variadores de Frecuencia, etc.
- Finalmente, están aquellos instrumentos misceláneos como los interruptores para detección de estados en variables de proceso, los cuales se recomienda utilizar, si y solo si, no es posible medir mediante un instrumento de medición continua. Y también aquellos relacionados con el monitoreo y análisis de fugas en mineroductos, escurrimientos, instrumentación geotécnica, etc.

<sup>10</sup> Norma ISA-100.11a-2009 Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Applications

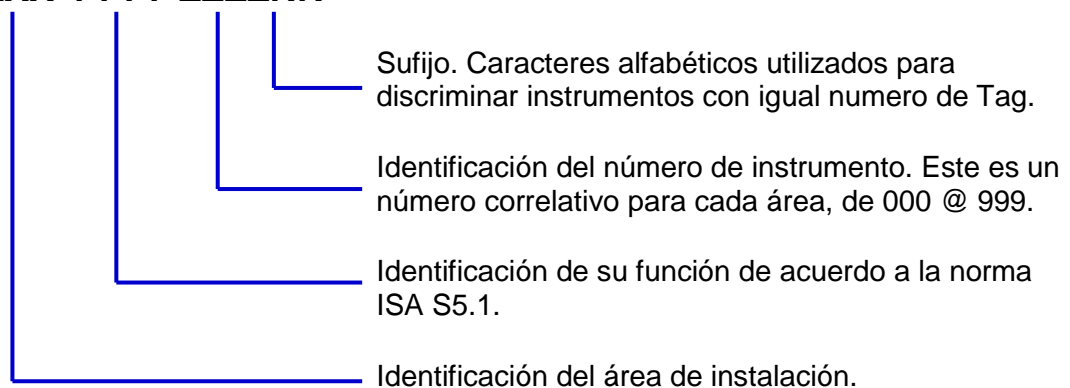
 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 59 de 85</p>
---	--	---

- g) Los instrumentos de terreno, paneles auxiliares o cajas de paso dispondrán de un grado de protección ambiental de acuerdo a NEMA, según la siguiente clasificación:
1. NEMA 1, para uso general en elementos ubicados en el interior de salas de control.
  2. NEMA 12, a prueba de polvo en elementos ubicados en el interior de salas eléctricas o en áreas cubiertas, sin riesgos de caídas de agua.
  3. NEMA 4, para elementos ubicados en el exterior, expuestos a caídas de agua.
  4. NEMA 4X, para elementos expuestos a ambientes corrosivos o caústicos.
- h) Donde sea necesario, se especificarán instrumentos con protección a prueba de vibraciones. De no ser posible esta protección, se considerarán los accesorios y elementos necesarios para la adecuada operación del instrumento o equipo bajo esta condición.
- i) En las áreas peligrosas donde exista riesgo de explosión o inflamación, se utilizarán de preferencia instrumentos con electrónica intrínsecamente segura, de acuerdo a Norma NEC para el Área Clase I, División 1-2, Grupo D.

## 7.20 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS


- a) Todos los instrumentos son identificados con un código alfanumérico denominado **TAG**, el cual contiene la siguiente información:

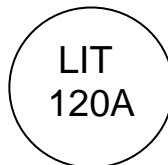
**XXX-YYYY-ZZZZNN**



Por ejemplo: El TAG de un transmisor de Nivel, es **LIT-120<sup>a</sup>**

Y su representación en el P&ID, área Chancado Primario es:


 VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b> Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :60 de 85
---	--	---



Y en el listado de Instrumentos se identifica como:

3110 – LIT – 120, donde el número 3110 corresponde al WBS (grupo estructura de quiebre de proyectos) del área Chancado Primario.


- b) La instrumentación de terreno suministrada con Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios debe ser identificada de la misma manera. Este requerimiento queda bajo la responsabilidad de Ingeniería del proyecto.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 61 de 85</p>
---	---	---

## 7.21 REQUERIMIENTOS GENERALES

De acuerdo con lo definido en el punto 2.0, sección C, dependiendo del tipo de proyecto, es decir, Greenfield o Brownfield o una combinación de ambos, el diseño de ingeniería para la Instrumentación de Terreno será en base a Buses de Campo Foundation Fieldbus, Tecnología Convencional o Wireless. Las características técnicas de la instrumentación de terreno, se indican a continuación.

- Todos los instrumentos de terreno deberán ser de fabricación estándar y tener un diseño para operar 24 horas por día, 7 días por semana y 365 días al año.
- Las marcas de los instrumentos que se seleccionen deben tener representación en Chile y su representante debe proveer de servicio técnico con personal de habla hispana.
- Los instrumentos suministrados con Equipos Mecánicos Mayores o Procesos Unitarios deberán ser compatibles con los instrumentos seleccionados por el proyecto tanto respecto de la marca como del tipo o tecnología. Los requerimientos de estos instrumentos son detallados en el documento “Especificación Técnica de Instrumentos Suministrados con Equipos Mayores”, SGP-GI-AT-ESP-002 DCCVCP-000-VCPGI-00000-ESPAT02-0000-002.
- Todos los instrumentos deben disponer de certificación respecto a que no producen problemas de salud a las personas, no contienen materiales tóxicos y no producen daño al medioambiente.
- Los proveedores deberán asegurar la continuidad en el suministro de repuestos a lo menos por 10 años.
- Por regla general **no** se debe instalar instrumentos de medición y/o interruptores, cuyo principio de funcionamiento sea en base a detección de radiaciones de isótopos radiactivos (Ejemplo; Cesio, Cobalto, etc.). Serán excepcionalmente aceptados cuando se presente un informe o estudio donde se demuestre que no existe otro principio aplicable para medir la variable deseada.
- En la adquisición de los distintos tipos de instrumentos, se debe considerar el suministro de sus respectivos accesorios de calibración y los servicios de instalación y puesta en marcha (configuración, diagnóstico de falla, etc.), cuando sea requerido.
- En general, se debe considerar compensación de temperatura para los instrumentos de medición.
- Todos los instrumentos de terreno, sensores, indicadores y transmisores, deben tener una exactitud mejor o igual que  $\pm 0.5\%$  del rango de medida ( $\pm 0.5\%$  del “span”) y una repetibilidad mejor que  $\pm 0.1\%$  de la variable medida.


 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 62 de 85</p>
--	--	---

- j) Los transmisores deberán incluir rutinas de diagnóstico y auto diagnóstico.
- k) Para el caso de los instrumentos utilizados para balance metalúrgico, referirse a las Normas Codelco: “Antecedentes Metrológicos para Proyectos”, CNAM 016.
- l) Todo instrumento instalado al exterior o expuesto a salpicaduras, goteos y/o derrames, debe ser provisto de una protección tipo techo con paredes laterales o un gabinete.
- m) Para cada instrumento cotizado, el proponente deberá especificar el equipo de prueba y/o chequeo necesario para mantenimiento y calibración.
- n) Se deberá suministrar la información detallada referente al programa de aseguramiento de calidad (certificación), que será aplicado por el proponente, en las etapas de preparación y fabricación de los instrumentos.
- o) La indicación local de instrumentos deberá ser mostrada en los indicadores de tal forma que la variable normal de operación se encuentre entre un 40% y 70% de la escala del instrumento.

## 7.22 INSTRUMENTOS DE TERRENO

### 7.22.1 Mediciones de Nivel


- a) Para la medición de nivel en estanques, se debe utilizar de preferencia medidores ultrasónicos.
- b) Para la medición de nivel en acopios de mineral, se debe utilizar de preferencia medidores láser o de radar.
- c) Para la medición de nivel en estanques de líquidos con presencia de polvo, reactivos, combustibles y gases en suspensión se deberán emplear sensores del tipo radar.
- d) Para estanques de almacenamiento de combustibles se deberán considerar, además indicadores de nivel tipo mirilla.
- e) En piscinas, se utilizará de preferencia medidores ultrasónicos o hidrostáticos (presión diferencial).
- f) Para Tolvas de Almacenamiento una alternativa de medida del nivel de llenado es mediante celdas de carga.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :63 de 85</p>
---	--	--

- g) Para la medición de nivel de interfases se utilizarán sensores tipo radar de onda guiada.
- h) Para interruptores de nivel en líquidos (por ejemplo: piscinas), se utilizará de preferencia el tipo conductivo o capacitivo.
- i) Para interruptores de nivel en sólidos como en chutes y tolvas, se utilizarán interruptores del tipo microondas, conductivo, capacitivo o tipo "tilt".
- j) Para medición de nivel se excluye el uso de interruptores del tipo nuclear, con la excepción en 4.0.f.

### 7.22.2 Mediciones de Flujo en Líquidos

- a) Para la medición de flujo en soluciones acuosas conductivas, pulpa de mineral, relaves, agua y ácido sulfúrico, se utilizará de preferencia tubo magnético o tipo sonar (con sensor no invasivo, externo a la cañería).
- b) Para la medición de flujo en soluciones orgánicas, se utilizará de preferencia medidores del tipo ultrasonido o sonar. Para los casos en que exista alguna dificultad técnica para usar este tipo de instrumento, se podrá considerar el uso de medidores tipo placa orificio, vortex o turbina.
- c) Para medición de flujo en cañerías no llenas y canaletas, se emplearán Flujómetros de tipo vertedero "parshall".
- d) Cuando se requiera interruptores de flujo en aguas de refrigeración con conductividad alta, se usarán Flujómetros de tipo magnético.
- e) Para la medición de aire limpio, se puede usar el pitot promediador.
- f) Para la medición de aire sucio o gases de fundición, se debe usar placa orificio.
- g) Para la medición de combustibles se utilizarán flujómetros de Desplazamiento Positivo. Para la medición de flujo de petróleo (Enap #6 o Diesel) se utilizarán de preferencia Trasmisores tipo Coriolis.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 64 de 85</p>
---	--	---


### 7.22.3 Mediciones de Presión

- Cuando se requiera interruptores de presión en aguas y/o aceites de refrigeración se debe usar transmisores de presión.
- La conexión a proceso en cañerías metálicas debe ser, en general, en 1/2" NPTF para aire limpio, en tanto que debe ser de 3/4" NPTF para agua limpia.
- Cuando la aplicación requiera de sello, este debe ser de 2" y de 3" para pulpas.
- En cañerías plásticas la conexión al proceso, en general, 2" FLG FF.
- La conexión a proceso para la medición de nivel de estanques, será en general, de 3" FLG RF y el sensor de presión será de diafragma extendido.
- Llevarán sellos de diafragma los manómetros, interruptores y transmisores de presión o presión diferencial, que se instalen en soluciones ácidas, con sólidos en suspensión, o que se cristalicen.
- Las conexiones a proceso de alta temperatura y alta presión serán provistas con doble válvula de bloqueo y válvula de drenaje. Las aplicaciones para alta temperatura serán provistas con sifones o "pig tails".
- La unidad de medición de presión será kPa. Se estandarizarán los rangos de medición a los siguientes valores: 0-100, 0-200, 0-400, 0-600, 0-1000, 0-1500, 0-2000, 0-3000, 0-4000, etc.
- Los manómetros deben tener un dial de 4½", con fondo blanco y números de color negro.
- Todos los transmisores de presión deberán tener una protección por sobre rango de 200% de la presión nominal de operación para el fluido de servicio.

### 7.22.4 Mediciones de Temperatura

- Para la medición de temperaturas inferiores a 400°C se utilizará RTD's tipo Pt-100, de tres alambres. En general serán montadas en termopozo con conexión roscada de ¾" NPT. Los cabezales de las RTD deberán tener tapa roscada y ser de protección NEMA 4X. El material de termo pozo y del cabezal del RTD, se indica en la hoja de datos.
- Para la medición de temperaturas superiores a 400 °C se debe usar termocuplas. Las termocuplas deben ser soldadas y aisladas de tierra.
- Las RTD y termocuplas deben ser montadas en termo pozo.



 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 65 de 85</p>
--	--	---


- d) La conexión a estanques será en general de 1 ½" FLG RF. Preferentemente los termpozos deben ser instalados en posición horizontal.
- e) Los cabezales deben tener tapa roscada y conexión de ½" a ¾" NPTF para entrada de conduit.
- f) Los termómetros deben ser bimetalicos y tendrán dial de 4½" de diámetro con ajuste de ángulo y serán instalados con termo pozo.

#### 7.22.5 Mediciones de Flujo Másico

- a) En general, no es aceptada la medición de flujo másico en cañerías mediante el conjunto de Flujómetro y Densímetro Nuclear, ver punto 4.0.f.
- b) La medición de flujo másico en cañería para fines de balance de material se hará mediante conjuntos de Flujómetros y Densímetros No Nuclear. Su instalación deberá tomar en cuenta todos los aspectos de montaje que permitan su certificación y tener el equipamiento necesario para facilitar la calibración periódica.
- c) El medidor de flujo másico Coriolis se recomienda utilizarlo para flujos de reactivos y petróleo.

#### 7.22.6 Medición de pH y Redox (ORP)

- a) Los Medidores de pH deberán ser usados en el área de Flotación, para controlar la adición de reactivos.
- b) Se utilizarán Medidores con probeta tipo vidrio con dos (2) electrodos, uno para la medición propiamente tal y el otro como referencia. La probeta deberá tener una membrana de diafragma cerámica para el electrodo de referencia y una interfaz de vidrio para el electrodo de medición.
- c) Los electrodos deberán ser protegidos contra choque e impactos de flujos de pulpa.
- d) El montaje deberá ser tipo hot-tap, para permitir un fácil reemplazo o cuando se requiera hacer limpieza a los electrodos.
- e) Las probetas deberán operar inmersas en la solución de pulpa y deberán ser montadas en la parte superior de las celdas o estanques.
- f) Un sistema solenoide deberá ser provisto para limpieza automática de las probetas.

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :66 de 85</p>
--	--	--

- g) Se debe usar un sensor RTD para compensar la medición por temperatura.
- h) Tanto los medidores de pH como los de ORP deberán ser integrados al sistema de control mediante el mismo protocolo de comunicación digital elegido para la instrumentación de terreno, preferentemente Foundation Fieldbus.

#### 7.22.7 Medidor Continuo de Turbiedad

- a) Los medidores de turbiedad se utilizarán de preferencia en los recuperadores de agua industrial o Espesadores de relaves y también en las Plantas de Osmosis Reversa, en el proceso de agua fresca filtrada.
- b) El sensor utilizará como base la tecnología de luz de retrodispersión o bien luz 90°. El medidor será del tipo inmersión utilizando como base un portaelectrodo.

#### 7.22.8 Mediciones de Conductividad

- a) Para la medición de fase orgánica/acuosa de las soluciones se emplearán medidores de conductividad con sensores toroidales.
- b) Para la medición de contaminación de agua con soluciones ácidas se emplearán sensores de conductividad tipo electrodo.
- c) Para aplicaciones en agua se utilizarán sensores de conductividad tipo inductivo.

#### 7.22.9 Analizadores


El requerimiento de los Analizadores serán definidos por la disciplina de Procesos, y los puntos de medición serán representados en los planos P&IDs al igual que su disposición en el diseño 3D.

#### 7.22.10 Analizador de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

El principio de medición de estos Analizadores deberá ser del tipo detector por paramagnetismo o fluorescencia ultravioleta. Este equipo deberá incluir un tratamiento adecuado de la medida y su ensamble deberá ser integral.

#### 7.22.11 Analizadores de Leyes en Línea

- a) Para medición de leyes en líneas de pulpa de molienda y concentrados de cobre y molibdenita, una de las tecnologías más utilizada y efectiva es la basada en Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Longitud de Onda (WDXRF).
- b) Estos sistemas deben ser especificados completos a un solo proveedor tanto en sus partes de corte y toma de muestras, de transporte de pulpas de molienda y

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 67 de 85</p>
--	--	---

concentrados, de sistema de lavado, elementos de medición y electrónica asociada.


- c) El analizador debe considerar una medición de referencia automática que permite la estabilidad de la medición y de auto-diagnóstico. Este elemento se requiere protegido por un cierre en acero inoxidable NEMA 4X, equivalente a IP56.
- d) El gabinete de la electrónica debe disponer de un Terminal gráfico, apoyado por botoneras y luces indicadoras. Este Terminal grafico es una estación de operación y calibración.
- e) El Analizador de leyes deberá tener la capacidad de conexión al Sistema de Control Central de la Planta mediante Ethernet a través del estándar OPC.
- f) Todos los programas de administración y calibración deben ser incorporados en computador. Los programas de autodiagnóstico del sistema completo, también deben radicar en esta unidad.

#### **7.22.12 Analizadores de Tamaño Partículas**

- a) Los Analizadores de Tamaño Partículas deben estar basados en tecnología láser, ultrasónica u otra tecnología probada para estas aplicaciones.
- b) El tiempo de transporte de la muestra desde el punto de muestreo hasta el analizador deberá ser calculado, de forma que no sea mayor a un (1) minuto. Rutas de circulación rápidas y/o líneas de by pass deberán ser utilizadas para obtener tiempos de respuesta rápidos.
- c) Se deberán considerar instalaciones apropiadas para proteger el Analizador y elementos contra flujos reversos, sobrepresiones u otras condiciones anormales de proceso.
- d) El Analizador de Tamaño Partícula deberá ser conectado al SCC mediante Ethernet, a través del estándar OPC.

#### **7.22.13 Analizador de Granulometría para mineral**

- a) El Analizador de Granulometría para mineral deberá estar basado en el procesamiento de imagen.
- b) Todos los componentes, que forman el Analizador de Granulometría, ya sea: cámaras de video, iluminación industrial, unidad de procesamiento, software de procesamiento y análisis de imágenes, serán especificadas y dimensionadas por cada proyecto en particular, en cantidad y calidad.
- c) La exactitud de la medida de la granulometría, determinada como la diferencia entre la lectura entregada por el analizador y el resultado obtenido por un análisis manual como referencia, deberá ser menor de 2.0%.


 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 68 de 85</p>
---	--	---

- d) El Analizador de Granulometría para mineral deberá ser conectado al SCC mediante interface Ethernet TCP/IP, a través del estándar OPC.

## 7.23 Válvulas

### 7.23.1 Válvula de Control Regulatorio

- La selección de las válvulas de control se debe realizar sobre la base del comportamiento requerido y las propiedades del fluido a controlar. Los materiales de fabricación se seleccionan considerando las propiedades físicas y químicas del fluido.
- El dimensionamiento se realizará bajo el estándar ISA 75.01 y/o los estándares del vendedor en cada caso.
- Las válvulas de control en general tendrán actuadores neumáticos. Las válvulas de control regulatorio tendrán posicionador electro neumático.
- Las válvulas ubicadas en lugares sin disponibilidad de aire comprimido, serán suministradas con actuador eléctrico.
- Las válvulas de control se instalarán con válvulas de corte y de "by-pass" cuando la continuidad del proceso lo requiera o cuando sea un requerimiento crítico de seguridad.
- Las válvulas de control se proveerán con indicación de posición y volante para operación manual.
- Los actuadores neumáticos serán suministrados con una combinación de filtro regulador, manómetros y lubricador cuando lo requiera.
- En la Hoja de Datos del instrumento, se indicará expresamente la posición de falla.
- Se preferirán válvulas tipo mariposa, bola o diafragma para control de agua, sin embargo, cada aplicación definirá el elemento más conveniente en la hoja de datos o especificación correspondiente.
- Para el control regulatorio se utilizará un conversor electro neumático (I/P) o posicionador con protocolo Foundation Fieldbus.
- En las válvulas con actuador eléctrico, el conjunto motor / partidador debe estar incorporado en el cuerpo de la válvula. El actuador eléctrico deberá utilizar el mismo bus de campo elegido para la instrumentación de terreno, preferentemente Foundation Fieldbus.


 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página : 69 de 85</p>
--	--	---

- l) En caso de ser requerido, las válvulas de control deberán incluir uno o dos interruptores de posición y torque, según corresponda, para la señalización remota del estatus de éstas. Todas las señales deberán ser integradas al Sistema de Control mediante el mismo protocolo de comunicación digital elegido para los instrumentos de terreno, preferentemente Foundation Fieldbus.
- m) Las válvulas de control deberán ser suministradas con un volante para la operación manual, según corresponda
- n) El diseño de los manifold para válvulas de control deberá estar de acuerdo con la recomendación ISA RP75.06.

### 7.23.2 Válvulas de Corte (On/Off)

- a) El cuerpo de la válvula On/Off deberá ser especificado conforme los requerimientos definidos en la hoja de datos, preferentemente se utilizarán válvulas tipo diafragma, cuchilla, mariposa y bola.
- b) En el caso de fluidos limpios y para cañerías de hasta una pulgada (1"), las válvulas de tipo On/Off podrán tener como actuador la solenoide directamente. Para cañería sobre una pulgada (1"), se debe utilizar válvulas con actuador neumático o eléctrico, según se especifique en la hoja de datos correspondiente. Para tecnología convencional, deberán incluir dos (2) interruptores de límite de carrera mecánicos o magnéticos, con dos (2) contactos libres de tensión SPDT y capacidad 2 A, 120 Vca, para indicación de válvula abierta o cerrada.
- c) En general, las válvulas tendrán actuadores electro-neumáticos, ya sea: tipo pistón simple o doble efecto o tipo diafragma más resorte según la aplicación, con un accionamiento mediante válvula solenoide de tres o cuatro vías.
- d) Los Actuadores tipo pistón se utilizarán de preferencia cuando la operación mediante diafragma no permita ejercer fuerza suficiente para operar la válvula o bien no exista suficiente espacio para sobredimensionar el diafragma.
- e) Los actuadores de doble efecto para válvulas que requieran posición de falla segura, deberán ser suministrados con una válvula neumática de emergencia, un estanque de almacenamiento de aire, cañerías y componentes necesarios para mantener la presión de aire en el actuador ante la pérdida del suministro principal; este estanque podrá ser utilizado por otras válvulas similares y cercanas entre sí.
- f) En las válvulas On/Off con actuador eléctrico, el conjunto motor/partidor debe estar incorporado en el cuerpo de la válvula. Además, el actuador debe permitir una operación local para prueba y remota mediante bus de campo, preferentemente Foundation Fieldbus.

### 7.24 Seguridad en Correas Transportadores

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 70 de 85</p>
--	--	---

Para las correas transportadoras se considerarán los siguientes elementos de protección y de seguridad:

- Interruptor de emergencia accionado por un cable de acero de 1/8" (3mm) plastificado, con 30 metros de longitud máxima, suspendido por anillos fijos en la estructura y espaciado a 3 metros. Siempre debe considerarse un interruptor de emergencia en cada extremo de la correa o alimentador.
- Interruptor de desalineamiento. Se utilizarán en pares en los bordes de la correa, un par junto a la polea de cabeza y otro par en la polea de cola. Se instalarán pares adicionales de acuerdo a la longitud de la banda a una distancia de separación de 100 m.
- Transmisores de velocidad. Se instalarán en todas las poleas de cola para detener la operación por corte o deslizamiento de la correa. El estado de velocidad cero se obtiene en el sistema de control.
- Interruptores de ruptura de cinta. Toda correa mayor de 100 metros de longitud, deberá llevar interruptor de ruptura, que podrá ser de tipo ultrasónico (emisor/receptor).
- Balizas y Sirena. Todas las correas transportadoras deberán incorporar un conjunto de balizas y sirena para advertir anticipadamente al personal de terreno, el inminente funcionamiento del equipo. En caso de que la correa supere los 200 m., este conjunto deberá ser instalado cada 200 m. a lo largo de la correa. Sin embargo, en el caso de correas instaladas en túneles esta distancia se podrá extender hasta 450 m.
- Adquisición de Datos en Correas Transportadoras. La adquisición de datos, en base a instrumentación digital se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:


Longitud de Correa

Criterio

- |         |  |
|---------|--|
| ≤ 100 m | : Cableado duro a módulos DI/DO, 120 VAC.  |
| > 100 m | : Cableado en dos alambres con comunicación digital (por ejemplo: Dupline® o similar) y módulo de compuerta para adaptar señal al protocolo de comunicación de campo elegido para el Sistema de Control Central. |

- Sistema detección de ruptura de Cintas: Este sistema se utilizará para proteger la cinta contra cortes longitudinales. Está compuesto por un cable sensor de ruptura, instalado en la correa (embebido), ubicado cada cierta distancia, esta distancia depende de la criticidad de la correa.  
Este sistema también incluye cabezales detectores y una unidad de transmisión.



 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 71 de 85</p>
---	--	---

- h) Detector de Atollo. Este sensor, ante la presencia del material transportado detendrá el sistema de correas. De preferencia se utilizarán interruptores del tipo microondas, conductivo, capacitivo o tipo tilt switch.
- i) La adquisición de datos de instrumentación análoga de correas transportadoras para el sistema de control se realizará mediante buses de campo, preferentemente Foundation Fieldbus.

## 7.25 Medición de Peso Correas Transportadoras

- a) La medición de peso de mineral para control en correas transportadoras, se hará mediante pesómetro gravimétrico de uno o dos polines, de una exactitud de +/- 0.5%. El suministro debe incluir barras de calibración.
- b) La medición de peso para fines de balance de material en correas transportadoras se hará mediante pesómetro gravimétrico de dos a cuatro polines. Su instalación deberá tomar en cuenta todos los aspectos que permitan su certificación y tener el equipamiento necesario para facilitar la calibración periódica con cadena. Respecto a la contrastación de la calibración se debe revisar el procedimiento SGP-GT-GE-NORM-014 (ex CNAM 014) "Sistema de Pesajes en Correas Transportadoras".
- c) Para equipos de medición de peso de productos de ventas, se debe consultar la Normativa Especial de la Vicepresidencia de Comercialización.

## 7.26 Monitoreo de condición

Son sistemas de detección y monitoreo multivariable, que entregan variables análogas y discretas. Preferentemente deberán usar tecnología de conexión por bus de campo. El monitoreo de condición es realizado en base los requerimientos definidos por la disciplina de mantenibilidad.

## 7.27 Equipos Mecánicos que incluyen Instrumentos


Existen algunos instrumentos que por sus dimensiones y requerimientos técnicos son especificados por la Disciplina Mecánica, como parte de sus características técnicas estos equipos contienen instrumentos y/o medidores, algunos de estos equipos son:

Electroimán para Correa Autolimpiante  
Detector de Metales  
Alimentador Pesométrico

## 7.28 Instrumentación Geotécnica

Esta instrumentación y monitoreo es básica antes y después de los trabajos mineros de desarrollo y en obras civiles, ya que permiten predecir las condiciones de riesgo.




 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :72 de 85</p>
--	--	--

Entre otros se consideran: medición de esfuerzos, piezómetros, inclinómetros, extensómetros.

Los requerimientos técnicos que deben cumplir los equipos indicados en los puntos 5.13 y 5.14, desde el punto de la Disciplina de Automatización deben ser incorporados en la especificación técnica y en las hojas de datos, respectivas. Es responsabilidad de la Disciplina de Automatización coordinar y revisar los entregables de estos equipos.

## 7.29 INSTALACIÓN

- a) Los instrumentos y actuadores deberán instalarse de tal manera que no constituyan peligro para las personas, que tengan una adecuada protección ante daño físico y no se interfieran entre sí. Se deberá considerar un área de mantenimiento en torno al instrumento.
- b) Los instrumentos en general se instalarán en sus propios soportes, a menos que deban ser instalados directamente en tubería o equipos mayores. Cuando exista vibración excesiva en la tubería o equipo, el transmisor se deberá instalar en forma remota. Se deben considerar aquellas recomendaciones entregadas por el fabricante para su instalación.
- c) Todo instrumento debe instalarse en un lugar de fácil acceso y a una altura media no inferior a 1400 mm del piso de operación al instrumento y no mayor a 1500 mm. En el caso de que esto no sea posible, el diseño deberá considerar escaleras y plataformas de acceso.
- d) La ubicación de los transmisores se debe indicar en los planos de disposición de instrumentos y de canalización. Los detalles de instalación se deben indicar en los planos de detalles de montaje.
- e) Todos los elementos de control final y en general todos los instrumentos que tengan indicación local o requieran algún tipo de ajuste, calibración o que posean algún tipo de accionamiento manual, deben instalarse de modo de tener fácil acceso. En el caso de que esto no sea posible, el diseño deberá considerar escaleras y plataformas de acceso.
- f) Las conexiones a cañerías o equipos de proceso serán de responsabilidad de la Disciplina de Cañerías. Estas conexiones incluirán una válvula de corte o un medio apropiado de aislación entre el proceso y el sensor del instrumento. La Disciplina de Automatización será responsable de la instalación de instrumento a partir de la válvula de corte, flanges o elemento que corresponda.
- g) Para el diseño 3D, la disciplina de Automatización deberá participar en las sesiones de revisión del diseño y deberá velar por la inserción de los equipos e instrumentos relevantes como Analizadores, medidores de flujo y válvulas sobre 10", con el objetivo de vigilar los tipos de acceso y grados de seguridad para el mantenimiento.


 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :73 de 85</p>
--	--	--

### 7.30 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA

- a) La Tensión de Operación de los dispositivos Foundation Fieldbus es 9 – 32 Vcc. Los 9 Vcc se refieren al mínimo, es altamente recomendable que se mantenga un margen de por lo menos 2 Vcc, es decir un mínimo de 12 Vcc.
- b) Los voltajes de alimentación para la instrumentación de terreno serán de 24 Vcc para los transmisores de dos (2) alambres y de 120 Vca para los transmisores de cuatro (4) alambres.
- c) Los 24 Vcc se consideran suministrados por el sistema de control y desde los gabinetes de entradas y salidas.
- d) La alimentación eléctrica de 120 Vca debe ser monofásica y de 3 alambres (fase, neutro y tierra) y debe ser proveniente de Fuentes Ininterrumpibles de Poder (UPS) ubicadas en la Sala de Datos y Salas Eléctricas.
- e) La UPS son especificadas por la Disciplina Electricidad, por lo tanto es responsabilidad del ingeniero de Automatización indicar los requerimientos de respaldo necesarios para el SCC e instrumentación de terreno. Para mayor detalle ver Especificación Técnica Fuentes Ininterrumpibles de Poder, SGP-GI-EL-ESP-022, DCC2008-VCP.GI-ESPEL02-0000-022-0.
- f) Cada UPS debe alimentar un Tablero General Fuerza Instrumentación (TGFI). Este tablero TGFI alimenta varios Tableros de Distribución Fuerza Instrumentación (TDFI), de cuales algunos pueden estar en terreno.
- g) Se considera que la malla de puesta a tierra del sistema eléctrico general, será la única malla de tierra de la instalación y deberá satisfacer la norma IEC-61000-5-2.
- h) Toda carcaza de instrumento debe estar conectada a la tierra de protección.
- i) Todas las conexiones de toma a tierra de los blindajes de los cables de conexión de los instrumentos a los módulos de entradas y salidas, deben ser concentradas en un punto de cada gabinete de entradas y salidas y conectadas desde estos gabinetes a la malla de tierra general de la planta, en un punto alejado de las tomas de conexión a tierra de los equipos eléctricos. El cable de conexión debe ser aislado.

### 7.31 SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE

- a) El aire de instrumentación debe ser limpio, seco y libre de aceite según lo establece el estándar ISA-7.0.01, "Quality Standard for Instrument Air".


 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :74 de 85</p>
---	--	--

- b) La red de aire de instrumentación deberá operar a una presión nominal de 620 kPa (90 psig) y con un nivel de humedad correspondiente a punto de rocío de - 40°C o menos.
- c) La distribución de aire para grupos de instrumentos cercanos, debe hacerse usando “manifolds” de distribución, alimentados desde la red de aire.
- d) Todas las conexiones a la red de aire de instrumentos serán hechas por arriba y contarán con una válvula de corte.
- e) Cada instrumento que requiera aire de instrumentación debe tener su propio filtro - regulador con manómetro a la salida y con lubricador en caso que sea requerido por el instrumento. Cada punto alimentador de aire deberá contar con una válvula de corte.

### 7.32 CONEXIÓN A INSTALACIONES DE PROCESOS

- a) La conexión a proceso depende del tipo de instrumento y del tipo de fluido, sin embargo debe proyectarse la instalación de estos con los siguientes criterios: la fittería debe ser del mismo material de la cañería de proceso especialmente el material de las coplas de conexión al proceso y toda toma debe terminar con una válvula de corte rápido.
- b) Las tomas de proceso para transmisores y manómetros de presión en pulpas debe ser en tres (3) pulgadas al menos y con válvulas de cono de corte rápido.
- c) La toma de proceso para transmisores y manómetros en gases debe proyectarse con fittería de  $\frac{3}{8}$ " y  $\frac{1}{2}$ " como mínimo para gases con contenido de polvo y limpios respectivamente.
- d) La toma de proceso para transmisores y manómetros en cañerías de agua debe proyectarse en 1" y  $\frac{1}{2}$ " como mínimo para aguas “duras” y aguas limpias respectivamente.
- e) Las tomas de proceso para los transmisores diferenciales de presión deben considerar las recomendaciones de instalación entregadas por el fabricante.
- f) Toda instalación de un medidor o sensor al proceso respectivo debe ser regulado por los planos de Detalles de Montaje.

## 8 ARCHIVO DE REGISTROS

 <b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD  <b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b>  Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :75 de 85
---	--	---

Identificación	Indexación	Responsable de Archivo	Almacenamiento		Acceso	Tiempo de Mantenimiento	Disposición Final
			Lugar	Medio			
(Arial 8)							

## 9 ANEXOS

### 9.1 Sistemas de Control Integrados a la RISC

#### 9.1.1 Introducción


A continuación se entrega un listado referencial de los sistemas de Control suministrados con equipos mayores o procesos unitarios y otros sistemas de apoyo a la operación de la Planta que pueden formar parte de un proyecto en particular. Todos estos sistemas de control deben integrarse a la Red de Control y Supervisión (RISC). El Sistema de Control Central (SCC) tendrá los atributos para realizar la operación, monitoreo y control de los procesos y equipos que se mencionan.

La omisión de algún equipo o proceso en este listado, no implica, la omisión del concepto de inter-conectividad e inter-funcionalidad definido en este criterio.

#### 9.1.2 Sistemas en Minería Rajo

- Sistema de Gestión de Flota
- Sistema Geotécnica-Geomecánica
- Sistemas de Posicionamiento Global (Perforadoras, Palas, Camiones)
- Sistema para Monitoreo Signos Vitales
- Sistema Anticolisión
- Sistema Análisis Laboratorio
- Sistema Control de Acceso y Monitoreo de Personas y Vehículos
- Sistema Circuito Cerrado de Televisión - Procesos

#### 9.1.3 Sistemas en Minería Subterránea

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :76 de 85</p>
--	--	--


- Sistema Gestión de Flota
- Sistema Geomecánico
- Sistema para monitoreo Signos Vitales
- Sistema Análisis Laboratorio
- Sistema Control de Acceso y Monitoreo de Personas y Vehículos
- Sistema de Ventilación Mina
- Sistema de Control de Trenes
- Sistema Carguío Trenes
- Sistema de Telecomando Martillos Picarocas
- Sistema Integrado de Seguridad Personas Instalaciones
- Sistema Control de Trafico
- Sistema Control Camiones Autónomos
- Sistema Anticolisión
- Sistema Operación Overland
- Sistema Circuito Cerrado de Televisión – Procesos

#### **9.1.4 Sistemas en Área Planta, Chancado – Concentradora**

- Sistema de Control Chancador
- Sistema de Control Molino SAG
- Sistema de Control Molino de Bolas
- Sistema de Control Celdas Flotación
- Sistema de Control Filtros
- Sistema Control Planta Reactivos
- Sistema Planta de Cal
- Sistema Circuito Cerrado de Televisión - Procesos

#### **9.1.5 Sistemas en Planta Fundición**

- Sistema de Control Horno Tostación
- Sistema Control Horno CT/Anódico/HLE
- Sistema Control Rueda de Moldeo
- Sistema Control Planta de Oxígeno
- Sistema de Control Planta Limpieza de Gases
- Sistema Circuito Cerrado de Televisión - Procesos
- Sistema Control de Acceso y monitoreo de personas y Vehículos
- Sistema Análisis Laboratorio


 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :77 de 85</p>
--	--	--

### **9.1.6 Sistemas en Planta Lixiviación, Electro - obtención y Extracción por Solventes**

- Sistema Planta Lixiviación
- Sistema Control Máquina Despegadora de Cátodos
- Sistema Control Puente Grúa
- Sistema de Control Planta Extracción por Solventes
- Sistema de Enzunchado

### **9.1.7 Infra – Estructura y Servicios**

- Sistema Control Taller de Camiones
- SCADA Eléctrico
- Sistema de Control Planta de Osmosis
- Sistema de Control Planta de Tratamiento de Efluentes
- Sistema de Control Planta de Tratamiento de RILES y RISES
- Sistema Detección Incendio
- Sistema de Control de Acceso y Vigilancia

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :78 de 85</p>
--	--	--

## 9.2 Unidades de Medidas


Las unidades de ingeniería usadas en planos, documentos, especificaciones y hojas de datos de instrumentos, estarán basadas en el sistema internacional de unidades (SI) de la International Standard Organization (ISO), incluyendo las de uso más frecuente en proyectos de instrumentación.

Se aplicarán las siguientes unidades de medidas:

<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Símbolo</u>
Acidez/Alcalinidad	Unidades de pH	pH
Concentración	Gramos por litro	g/l
Conductividad	Micro Siemens por centímetro	$\mu\text{S/cm}$
Densidad	Kilogramos por metro cúbico	$\text{kg/m}^3$
Flujo volumétrico	Metros cúbicos por hora	$\text{m}^3/\text{h}$
Flujo másico	Toneladas por hora	t/h
Presión	KiloPascales	kPa
Temperatura	Grados Celsius	$^{\circ}\text{C}$
Corriente eléctrica	Ampere	A
Voltaje eléctrico	Volts	V
Voltaje Corriente Alterna	Volts	Vac
Voltaje Corriente Continua	Volts	Vcc
Energía	Joule	J
Resistencia eléctrica	Ohm	$\Omega$
Potencia eléctrica	Watts	W
Potencia aparente	Volt Ampere	VA
Potencial Redox	Milivolts	mV
Factor de potencia	Sin unidades	-
Frecuencia	Hertz	Hz
Torque	Newton-metro	Nm
Turbidez	NTU <sup>11</sup>	NTU, g/l
Viscosidad	Pascal - segundo	Pa-s
Velocidad angular	Radian por segundo	rad/s
Velocidad lineal	Metros por segundo	m/s
Vibración	Milímetro	mm
	Milímetro por segundo	mm/s
	Milímetro por segundo al cuadrado	$\text{mm/s}^2$
Largo (Nivel)	Metros	m
Peso	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s

<sup>11</sup> NTU: Nefelometric Turbidity Unit



 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página :79 de 85</p>
--	--	--

### 9.3 Características Técnicas de la Tecnología Foundation™ Fieldbus

#### 10.3.1. Definiciones y Características de la tecnología Foundation™ Fieldbus

La aplicación de la tecnología Foundation Fieldbus (FF) al control de procesos continuos tiene algunas características y definiciones que conviene tener presente a la hora de desarrollar un proyecto. A continuación, se entregan definiciones y recomendaciones que ayudarán al ingeniero a implementar esta tecnología en la ingeniería de proyectos.


#### 10.3.2. Definiciones

##### a) Foundation Fieldbus

1. Es una plataforma de automatización y control concebida para el Control de Procesos, utilizando un protocolo de comunicación digital bidireccional.
2. Permite la INTEROPERABILIDAD entre diferentes fabricantes en una forma transparente por diseño. Es decir, que instrumentos de diferentes fabricantes puedan “convivir” sobre una misma red y comunicarse unos con otros exponiendo todas sus funcionalidades.  
Para cumplir con este requisito fundamental cada instrumento recibe una certificación por parte de la Organización FF, el cual otorga un logotipo de cumplimiento.
3. Soporta Seguridad Intrínseca para canales Fieldbus (FISCO: Fieldbus Intrinsically Safe Concept).
4. Lleva la energía (alimentación eléctrica) por el mismo cable.
5. Control Determinístico.
6. Capacidad de obtener diagnósticos básicos y avanzados en línea. Acceso a los datos de los dispositivos en cualquier punto de la instalación.
7. Tiene dos tipos de comunicaciones: Para tarea prioritaria (control), Cíclica o sincrónica (scheduled) y otras tareas (diagnóstico), acíclica o asincrónica (unscheduled).
8. El comisionamiento de la instrumentación se simplifica ya que se puede realizar desde una interfase integrada al Sistema de Control Central.

#### 10.3.3. Capacidades de FF

- a) Comunicación digital entre dispositivos geográficamente distribuidos.
- b) Procesamiento en terreno de señales para aplicaciones de Control, tales como:

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :80 de 85</p>
---	--	--

1. On-Off
2. Regulatorio PID
3. Control Regulatorio avanzado de 1er nivel: cascada, Feed Forward, Override, Relación, Batch secuencial
4. Control Lógico sin criticidad

Estas características técnicas permiten reducir la carga de procesamiento de los controladores.

c) Tipos de Diagnósticos:

- Comunicación
- Dispositivo
- Proceso

FF utiliza como medio físico de transportación un par trenzado que interconecta los dispositivos en terreno, suministrando la energía para su funcionamiento y comunicación.

#### 10.3.4. Estructura General de un Sistema FF


En el siguiente esquema se identifica los componentes siguientes:

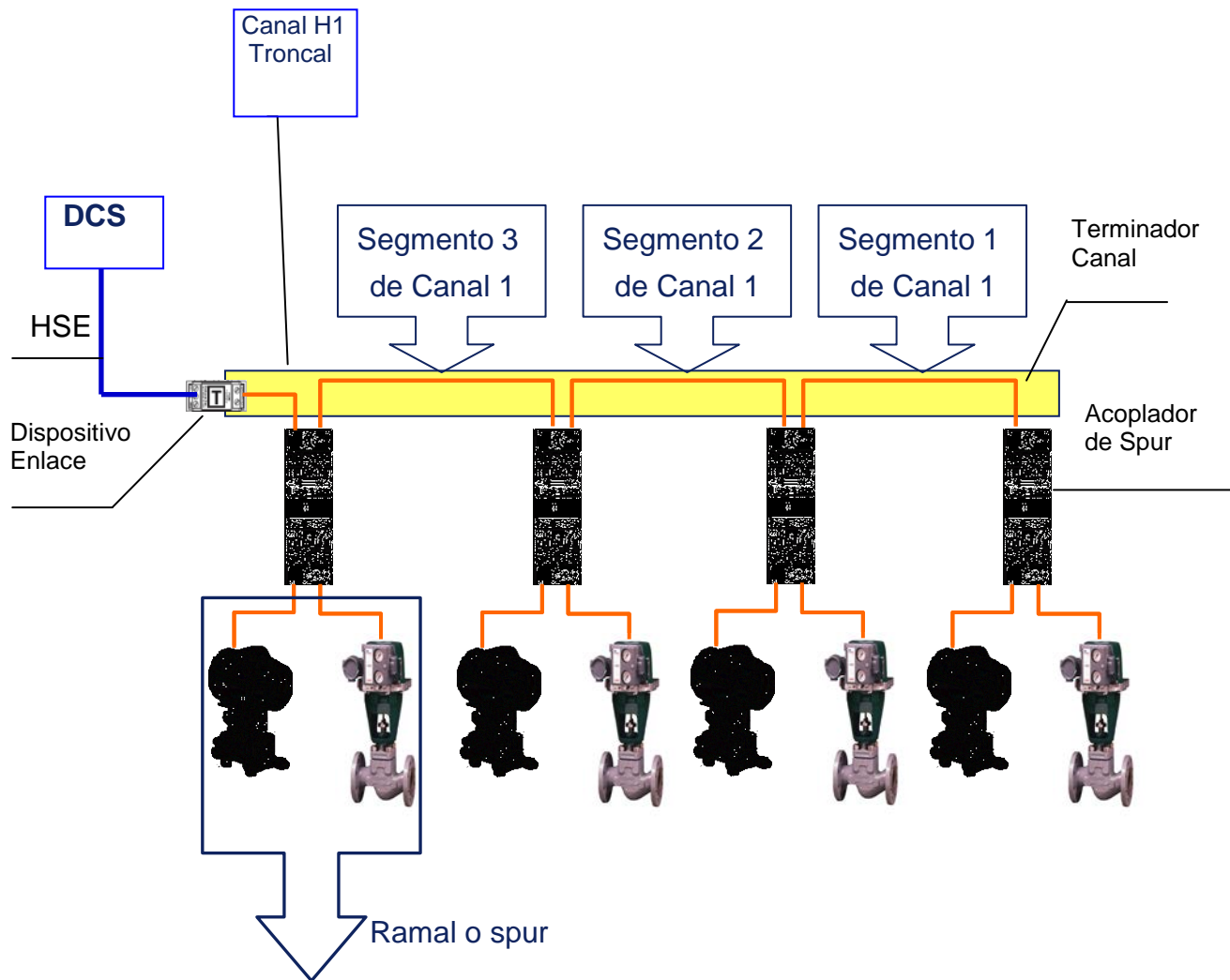
- a) HSE, red Ethernet de alta velocidad.
- b) Dispositivo de Enlace que incluye fuente de poder y acondicionador de canal.
- c) Canal H1 que agrupa dispositivos enlazados por un par trenzado (18 AWG), de acuerdo con IEC-61158-2.
- d) Segmento n, que es una porción de un canal H1 (32.25 Kbps).
- e) Troncal (Trunk), que es el cable principal que une a los dispositivos en un canal H1
- f) Ramal (Spur), derivación que une uno o varios dispositivos al canal Troncal
- g) Terminador de canal, 100 ohms y 1µF.
- h) Repetidor H1: Dispositivo activo usado para interconectar canales H1 aumentando la distancia, la cantidad máxima de repetidores es de 4 en un canal.  $1,900 + (4 \times 1900 \text{ m}) = 9,500 \text{ m}$ .

#### 10.3.5. Niveles de de comunicación:

Existen dos niveles de comunicación:


- a) Nivel HSE, Nivel Supervisor, características:
  1. Velocidad: 100 Mbps Red Ethernet.
  2. Medios: Soportados por plataforma Ethernet: Cable, Fibra Óptica, WiFi, Radio Ethernet.
  3. Enlace con dispositivos en Salas de Control.
  4. Ejecución de bloques de función.
  5. Diagnósticos.

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :81 de 85</p>
---	---	--



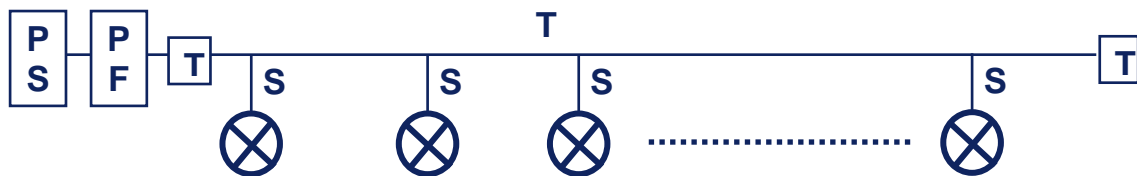
b) Red de Instrumentación de terreno - Segmento H1:

1. Para Control de procesos. Contiene buses secundarios o ramales "spurs"
2. 12 a 16 dispositivos de segmento, según el consumo de los instrumentos
3. Velocidad moderada: 31.25 Kbps
4. Alimentación 9~ 32VCD (24 VCD Comúnmente)
5. Distancia máxima de 1,900 metros (sin repetidor)
6. Respaldo de maestro de comunicación
7. Ejecución de bloques de función
8. Diagnósticos

 <p><b>CODELCO</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS</p>	<p>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p> <p><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :82 de 85</p>
---	---	--

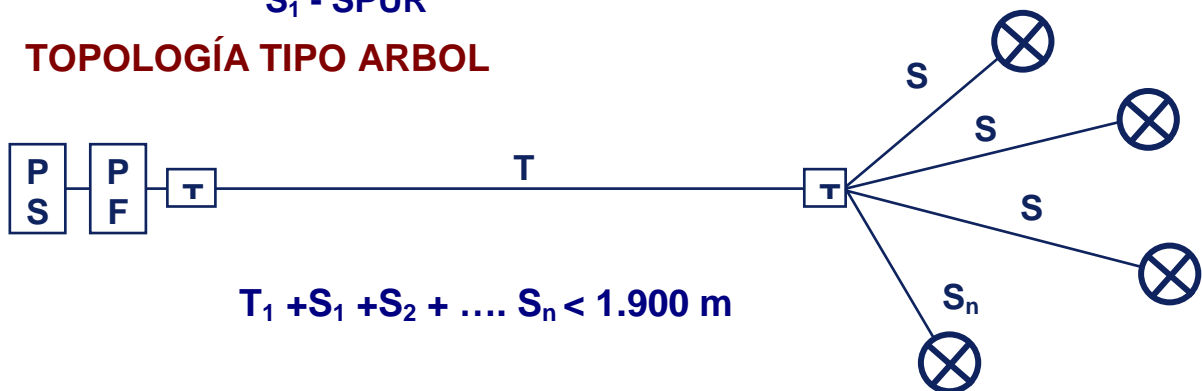
### 10.3.6. Topologías y combinaciones en Segmentos H1.

#### TOPOLOGÍA TIPO BUS

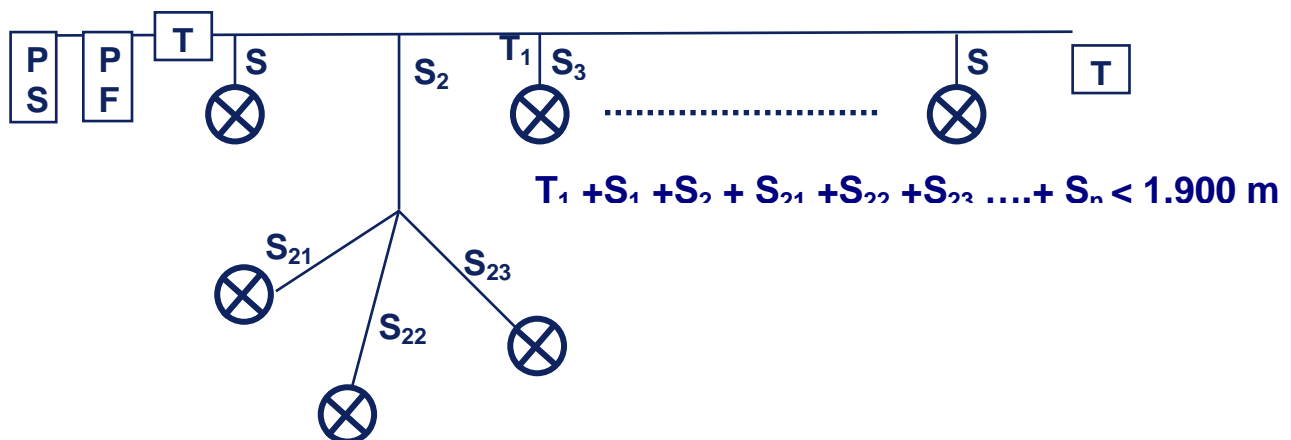



Donde:  
T<sub>1</sub> - TRUNK  
S<sub>1</sub> - SPUR

#### TOPOLOGÍA TIPO ARBOL



#### COMBINACIÓN DE TOPOLOGÍAS



 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :83 de 85</p>
--	---	--

### 10.3.7. Diseño de Segmentos

Para el diseño de los segmentos existen diferentes tipos de cable que están disponible en el mercado, estos son:

- Cable Tipo A, el cual es recomendado para las instalaciones en terreno, conduit o bandeja. Excelente inmunidad al ruido.
- Cable Tipo B, el cual es indicado para instalaciones en gabinetes ubicados en las salas de control o eléctricas

La tabla siguiente muestra las características de estos conductores (estándar FF-816).

Tipo	Longitud (m)	Impedancia ( $\Omega$ )	Resistividad ( $\Omega$ -m)	Atenuación (db/km)	Descripción
A	1.900	100	22	3	Par individual apantallado
B	1.200	100	56	5	Multipar trenzado, con blindaje


Para el diseño de los ramales (spurs), se debe tomar atención al largo máximo, ya que depende del número de instrumentos conectados al segmento y del número de dispositivos en el ramal, ver tabla siguiente:

Número de disp. en segmento	Dispositivos por		
	1	2	3
1-12	120 m	90 m	60 m
13-14	90 m	60 m	30 m
15-18	60 m	30 m	1 m

### 10.3.8. Recomendaciones para el Diseño:

Algunas orientaciones a tener en cuenta en el diseño de segmentos:

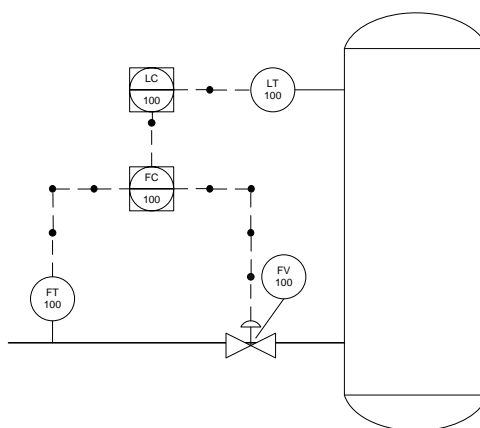
- Cada segmento H1deberá tener, normalmente, un máximo de ocho dispositivos y no más de dos válvulas de control. Cada segmento no deberá exceder un macrociclo de 500ms

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2 Vigencia : 31/08/2017 Página : 84 de 85</p>
--	--	---

- b) Un regla a recordar “mientras más corto mejor”, en lo que se refiere a spurs.
- c) Las redes deben ser proyectadas con una capacidad de reserva de un 25%.
- d) Un segmento en un área peligrosa debe diseñarse con dispositivos que no harán que la corriente sobrepase la capacidad de la barrera de seguridad intrínseca o de la fuente de alimentación, normalmente 80 mA.
- e) En el caso de equipos presurizados con mediciones múltiples deben ser distribuidas para residir en tarjetas H1 distintas

### 10.3.9. Representación en planos P&ID's

La figura siguiente muestra la simbología recomendada para representar la señal de comunicación digital en los planos P&ID.




Forma de representar el bus de campo FF.

### 10.3.10. Requerimientos para Especificación de Dispositivos FF

Al especificar dispositivos que utilizan FF, es necesario agregar otras características a las hojas de datos.

- a) Requerimientos Técnicos:
  1. Foundation Fieldbus IEC-61158
  2. Consumo máximo de energía (Quiscent)
  3. Cantidad mínima de VCR's (Virtual Communication Relationship)
  4. Cantidad mínima de Links
  5. Capacidad L.A.S. (Link Active Scheduler), capacidad de ser maestro o equipo básico
  6. Tipo de bloques de función
  7. Velocidad de ejecución
  8. FB's según FF-891-2, FF-892-2y3, FF-892-5. Según IEC-1131 Lógica.
  9. Instanciamiento de funciones (capacidad de dar de alta bloques de funciones hasta el límite de capacidad de memoria).

 <p><b>CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE</b> VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS GERENCIA DE INGENIERÍA Y CONSTRUCTIBILIDAD</p>	<p align="center"><b>CRITERIO</b> <b>DISEÑO AUTOMATIZACIÓN</b></p>	<p align="right"><b>SGP-02AUT-CRTTC-00001</b></p> <p>Rev. : 2</p> <p>Vigencia : 31/08/2017</p> <p>Página :85 de 85</p>
--	--	--

10. Soporte de Métodos para mantenimiento
11. Insensible a polaridad
12. Tipo de diagnósticos
13. Cumplimiento de Interoperabilidad (Interoperable Test Kit), Device Descriptors Críticos
14. Certificación FF.

b) Requerimientos funcionales:

1. Bloques de función tipo instanciables según FF-891 y FF892
2. Bloque de control PID a 25mS
3. Bloque de Entrada analógica AI a 20mS
4. Bloque de selector de entrada ISEL a 20mS
5. Bloque de función aritmética ARTH a 20mS
6. Bloque de caracterización SGCR a 20mS
7. Bloque de integración INT a 20mS
8. Bloque de selector de control 20mS
9. Bloque de rango dividido a 20mS

c) Métodos soportados por el dispositivo:

1. Ajuste de Cero
2. Ajuste de Trim alto y bajo
3. Recuperación de datos de fabrica
4. Actualización de firmware
5. Diagnósticos avanzados soportados:
6. Detección de línea de impulso obstruida.
7. Detección de desviación estándar hasta 4 variables en segmento
8. Alarma de sobre presión
9. Alarma de alta temperatura