

## UNIDAD DE COMPETENCIA LABORAL - UCL

[CÓDIGO DE LA UNIDAD DE COMPETENCIA]

# DISEÑAR LA ESTRUCTURA Y DIMENSIONAR EL SISTEMA DE PILAS DE COMBUSTIBLE

Suministro de Gas, Electricidad y Agua

Energías renovables no convencionales

Producción de Hidrógeno Verde y derivados

[ORGANISMO SECTORIAL DE COMPETENCIAS LABORALES]

**I. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE COMPETENCIA LABORAL (UCL)**

Código	[Código de la Unidad de Competencia]	
Nombre	Diseñar la Estructura y dimensionar el sistema de pilas de combustible	
Versión	01	
Sector	Suministro de Gas, Electricidad y Agua	
Subsector	Energías renovables no convencionales	
Área productiva	Producción de Hidrógeno Verde y derivados	
Códigos de clasificación	CIU4.CL	CIU008
	7110	2144
Fecha de acreditación	Haga clic aquí para escribir una fecha.	
Fecha de vigencia	Haga clic aquí para escribir una fecha.	
Transversal	No	

**II. ACTIVIDADES CLAVE, CRITERIOS DE DESEMPEÑO Y CONOCIMIENTOS**

ACTIVIDAD CLAVE
<b>1. Definir requisitos de sistema y casos de uso</b>
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentos de ingeniería de sistemas (requisitos, interfaces, arquitectura funcional)</li> <li>Bases de ingeniería eléctrica y energética (potencia, energía, rendimiento).</li> <li>Conceptos generales de análisis de riesgos (modos de fallo, consecuencias, mitigaciones).</li> <li>Gestión de requisitos y trazabilidad</li> <li>Principios de Seguridad funcional y de producto</li> <li>Conocimiento de normativa nacional: DS n°8/2020 y pliegos técnicos SEC (calidad eléctrica, seguridad eléctrica).</li> <li>Fundamentos de sistemas de energía para aplicaciones vehiculares/estacionarias (perfiles de misión, entorno, altitud/temperatura/humedad).</li> <li>Control de configuración y gestión de cambios documentados.</li> </ul>
<b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculo de potencia neta/bruta, autonomías y márgenes de diseño.</li> <li>Especificación de interfaces en Documentos de Control de Interfaces: eléctricas (corriente continua/corriente alterna), fluidos (hidrógeno, aire, refrigerante) y datos (señales, tasas de refresco, tolerancias y estados seguros).</li> <li>Análisis de riesgos: Análisis de Peligros Preliminar (PHA) y Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA); asignación de mitigaciones (sensores, ventilación, purgas, apagados).</li> <li>Definición de niveles de integridad de seguridad (p. ej., SIL/Nivel de Integridad de Seguridad Automotriz (ASIL) cuando aplique) y su justificación.</li> <li>Aprobación y línea base de requisitos con versionado y firma.</li> </ul>
<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</b>

1.	Los requisitos funcionales, de seguridad, normativos y de misión son documentados en una matriz de requisitos completa y trazable, con asociación explícita a los casos de uso definidos y a los ensayos de verificación correspondientes.
2.	Los requisitos de potencia neta y bruta, autonomía, ciclos de operación, misión térmica y huella/masa son calculados y registrados en la matriz de requisitos, incorporando la ventana operativa de temperatura, altitud y humedad.
3.	Las interfaces eléctricas, de fluidos (H <sub>2</sub> , aire, refrigerante) y de control/datos son especificadas y documentadas en Documentos de Control de Interfaces (ICD), incluyendo señales, tasas de refresco y modos degradados, y son aprobadas por las áreas involucradas.
4.	Los requisitos de seguridad funcional y de producto son establecidos y trazados frente a norma mediante Análisis de Peligros Preliminar (PHA) y Análisis de Modos y Efectos de 13 Falla (FMEA), quedando los riesgos críticos identificados y las mitigaciones (sensores, shutdown, ventilación, purgas) asignadas con su Nivel de Integridad de Seguridad (SIL/Nivel de Integridad de Seguridad Automotriz (ASIL) o categorización interna) cuando corresponda.
5.	La línea base de requisitos es formalizada y queda aprobada, siendo registrada con firmas, versión vigente y gestión de cambios activa, de modo que toda modificación posterior es controlada y trazable.

ACTIVIDAD CLAVE	
<b>2. Definir estructura del tren de potencia y balance de planta</b>	
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrónica de potencia</li> <li>• Electricidad industrial</li> <li>• Mecánica de fluidos y termofluidos y transferencia de calor</li> <li>• Almacenamiento eléctrico</li> <li>• Estructura de tren de potencia de pilas de combustible: apilamiento, aireado/compresor o soplador, humidificación, gestión de agua/purgas, refrigeración, conversión corriente continua/corriente alterna, almacenamiento eléctrico (batería/supercondensador), sensores y control.</li> <li>• Mantenibilidad (accesibilidad, Tiempo Medio para Reparación) y disponibilidad (modos degradados).</li> <li>• Técnicas de revisión de diseño: Estudio de Peligros y Operabilidad (HAZOP) y Revisión de Diseño Basada en Modos de Falla (DRBFM)</li> <li>• Normativa chilena de transporte de sustancias peligrosas y normas locales para instalaciones de gases.</li> </ul>	
<b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamiento de caudales de hidrógeno/aire, presiones y capacidad de refrigeración con márgenes al caso peor; control de incrementos de temperatura del apilamiento.</li> <li>• Selección de compresor/soplador y humidificador</li> <li>• Integración de convertidores (corriente continua/corriente alterna), batería y supercondensador para transitorios.</li> <li>• Definición de modos degradados (p. ej., potencia limitada) y listas de repuestos críticos.</li> <li>• Elaboración de diagramas de ingeniería (P&amp;ID, unifilares) liberados.</li> </ul>	
<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La estructura del tren de potencia y del balance de planta es representada en diagramas de ingeniería (P&amp;ID, unifilares) liberados, donde se incluyen el stack, compresor/soplador, humidificador, sistemas de gestión de agua y purgas, refrigeración, convertidores DC/DC y DC/AC, batería intermedia, supercondensador, sensores y válvulas.</li> <li>2. Los caudales de aire e hidrógeno y la capacidad de climatización son dimensionados y documentados de forma que la capacidad térmica e hidráulica del sistema queda garantizada.</li> <li>3. Los modos degradados y caminos redundantes del sistema son definidos y registrados, asegurando que la disponibilidad operativa queda garantizada mediante estrategias como modo limp-home ( modo degradado de funcionamiento) o potencia limitada cuando se producen fallos o condiciones fuera de especificación.</li> <li>4. Los criterios de mantenibilidad son establecidos de manera que la accesibilidad a consumibles, componentes críticos y sensórica es asegurada, documentando el Tiempo Medio para Reparación objetivo y la lista de repuestos críticos asociada.</li> <li>5. La integración eléctrica y mecánica con carenado, chasis/caseta, alta tensión y puestas a tierra es especificada y validada, asegurando el cumplimiento de las referencias IEC 62282-2-100 e IEC 62282-3-100/3-101/3-102 y de fabricante para la seguridad de módulos y sistemas.</li> <li>6. Los resultados del Estudio de Peligros y Operabilidad (HAZOP) y de la Revisión de Diseño Basada en Modos de Falla (DRBFM) son documentados y cerrados, quedando la arquitectura liberada sin hallazgos críticos abiertos.</li> </ol>	

ACTIVIDAD CLAVE
<b>3. Definir Cadena de combustible H2 y almacenamiento</b>
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Química básica de gases y propiedades del hidrógeno</li> <li>Fundamentos de resistencia de materiales y recipientes a presión</li> <li>Conceptos generales de seguridad en gases comprimidos y criogénicos.</li> <li>Calidad de hidrógeno: fundamentos y efectos de contaminantes en membrana/catalizador</li> <li>Almacenamiento de alta presión y compatibilidad de materiales</li> <li>Tecnologías e Interfaces de repostaje y estaciones</li> <li>Procedimientos específicos de actuación ante fuga de H2 comprimido y H2 líquido.</li> </ul>
<b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de especificación de pureza y procedimientos de recepción/muestreo.</li> <li>Cálculo de autonomía y dimensionamiento de tanques, válvulas, reguladores y sensores.</li> <li>Dimensionamiento y validación de protecciones de sobrepresión (PSV/PRD) con cálculo de caudal y documentación de tarado.</li> <li>Repostaje seguro verificado en Pruebas de Aceptación en Fábrica/en Sitio y documentación de isométricos, listas de válvulas y procedimientos de purga/desgasificación.</li> </ul>
<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</b>
1. La especificación de pureza del hidrógeno es definida y documentada conforme a ISO 14687:2025 y/o SAE J2719, quedando los límites de contaminantes, el procedimiento de recepción y la cadena de muestreo establecidos y contratados con el proveedor.
2. Los tanques y componentes de alta presión, válvulas, reguladores y sensores son seleccionados y dimensionados de manera que la compatibilidad y resistencia mecánica quedan aseguradas, cumpliendo los requisitos de ISO 19881, con fugas máximas en línea y recipientes dentro del umbral permitido.
3. Las protecciones de sobrepresión son dimensionadas y validadas, quedando las válvulas de seguridad de presión y dispositivos de alivio (PSV/PRD) seleccionados y documentados con sus cálculos de caudal y tarados registrados.
4. La interfaz de repostaje con estaciones es definida conforme a norma, de forma que se verifican la compatibilidad boquilla/entrada, la aplicación de los protocolos de carga y la estanqueidad en las Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT) y en Sitio (SAT).
5. La documentación de la cadena de combustible y almacenamiento es completada con isométricos, listas de válvulas e instrumentación y procedimientos de purga/desgasificación, quedando estos aprobados y archivados de forma trazable.

ACTIVIDAD CLAVE	
<b>4. Realizar el dimensionamiento eléctrico y energético</b>	
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de análisis de circuitos eléctricos</li> <li>• Termodinámica y balances energéticos</li> <li>• Técnicas de Modelado de pila + balance de planta + almacenamiento; curvas de polarización/eficiencia y mecanismos de degradación.</li> <li>• Conceptos de calidad eléctrica y cumplimiento de perfiles IEC 62282.</li> </ul>	
<b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención y validación de curvas de desempeño en banco.</li> <li>• Caracterización de rampa y respuesta dinámica; aplicación de derating por límites térmicos.</li> <li>• Verificación de armónicos y rizo frente a límites contractuales.</li> <li>• Modelado de envejecimiento, criterio de fin de vida y reservas de diseño.</li> <li>• Balance energético con análisis de incertidumbre y sensibilidades (temperatura, altitud, ciclo).</li> </ul>	
<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</b>	
1.	Las curvas de desempeño del sistema (polarización y eficiencia térmica/eléctrica) son obtenidas y registradas en banco de ensayo con instrumentos calibrados y queda documentado.
2.	La respuesta dinámica del sistema es caracterizada y registrada.
3.	La calidad eléctrica del sistema es verificada.
4.	El envejecimiento del sistema es modelado y documentado, definiendo criterios de fin de vida y reservas de diseño que permitan alcanzar la vida útil objetivo en las condiciones de operación previstas.
5.	El balance energético del sistema es calculado, quedando registradas las autonomías, la incertidumbre asociada y los análisis de sensibilidad frente a variaciones de temperatura, altitud y ciclo operativo.

ACTIVIDAD CLAVE	
<b>5. Integrar el sistema con vehículo/micro-red/planta</b>	
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentos de integración mecánica</li> <li>Conceptos de compatibilidad eléctrica</li> <li>Compatibilidad electromagnética (EMC), coordinación de protecciones (corriente continua/corriente alterna) y seguridad eléctrica.</li> <li>Interfaces con Sistema de Gestión de Batería (BMS)/Sistema de Gestión de Energía (EMS).</li> <li>D.S. Min. Energía N.º 8/2019, Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica</li> <li>D.S. Min. Energía N.º 109/2018, Reglamento de seguridad de instalaciones eléctricas</li> <li>Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución (CNE, 2024) + Anexo SMMC</li> </ul>	
<b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayos de compatibilidad electromagnética, vibración/choque y validación de anclajes.</li> <li>Verificación de interoperabilidad de control/datos (latencia, timeouts, degradación a modo seguro).</li> <li>Elaboración de manual de instalación, listas de verificación y criterios de aceptación firmados.</li> </ul>	
<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>La compatibilidad física de la integración es verificada y documentada, asegurando que la masa, el centro de gravedad, los puntos de anclaje y los resultados de ensayos de vibración/choque se mantienen dentro de los límites de especificación del vehículo, micro-red o planta.</li> <li>La compatibilidad eléctrica del sistema integrado es demostrada mediante ensayos de Compatibilidad Electromagnética (EMC) y coordinación de protecciones en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), quedando las emisiones e inmunidad dentro de los límites establecidos y las protecciones selectivas correctamente coordinadas.</li> <li>La interoperabilidad entre el sistema de pilas de combustible y los sistemas de control externos es comprobada mediante pruebas de interfaces de control y datos, verificando latencias, timeouts, degradación a modos seguros y la correcta integración de los procedimientos de arranque y parada.</li> <li>La documentación de integración es preparada y entregada, incluyendo manual de instalación, listas de verificación y criterios de aceptación, quedando estos firmados y aceptados por las partes involucradas en la integración.</li> </ol>	

**III. COMPETENCIAS TRANSVERSALES PARA LA EMPLEABILIDAD**

Nombre de la Competencia	Descripción de la Competencia	Indicadores de la Competencia	Estándares de desempeño por indicador de conducta por nivel de cualificación
Comunicación	Comprende y se expresa verbalmente, no verbalmente y/o por escrito, con diversos propósitos comunicativos.	1.1 Se expresa con diversos propósitos comunicativos.	Selecciona formas de comunicación diferenciadas dependiendo de su interlocutor, logrando mantener un diálogo fluido con éste.
		1.2 Comprende diversos mensajes orales, no verbales, visuales y/o escritos.	Identifica los distintos tipos de mensajes, priorizando su atención y comprensión en aquellos más críticos para su ámbito laboral.
		1.3 Expresa sus opiniones y emociones con respeto.	Analiza previamente sus opiniones / emociones y el contexto en el que se encuentra, evaluando si es el momento y público adecuado donde expresarse.
		1.4 Utiliza el lenguaje no verbal como herramienta de expresión y comprensión en contextos comunicativos.	Analiza previamente lo que desea comunicar, evaluando las formas de expresión no verbal de acuerdo al momento y público.
Trabajo en equipo	Trabaja colaborativamente en las tareas que le corresponden, orientado a objetivos comunes y al fortalecimiento del equipo.	2.1 Muestra disposición a trabajar colaborativamente para cumplir con los objetivos comunes.	Coordina la colaboración y apoyo del equipo de trabajo, para cumplir con los objetivos de su ámbito laboral.
		2.2 Genera relaciones de colaboración y de confianza.	Contribuye a generar un clima laboral que favorezca el trabajo en equipo, a través de fomentar la cordialidad y la colaboración.



		2.3 Muestra respeto por la diversidad.	Coordina la colaboración y apoyo del equipo de trabajo, para cumplir con los objetivos de su ámbito laboral.
Resolución de problemas	Reconoce problemas y utiliza fuentes de información para implementar acciones para su resolución.	3.1 Reconoce los problemas y genera acciones para evitarlo.	Analiza los problemas actuales como futuros de su ámbito de responsabilidad (técnicos y/o de gestión), identificando las diversas variables que lo afectan y su nivel de impacto, sistematizando y difundiendo esta información para evitarlos.
		3.2 Implementa y monitorea acciones para la resolución de problemas, y evalúa sus resultados.	Diseña planes para implementar medidas correctivas, estableciendo aspectos técnicos y recursos necesarios para su implementación.
Iniciativa y aprendizaje permanente	Aplica en su trabajo nuevos aprendizajes para su desarrollo laboral, adaptándose a un entorno cambiante.	4.1 Se adapta a situaciones nuevas.	Promueve y difunde al interior de su equipo de trabajo las características, beneficios y contextos de los cambios a ser implementados, tomando un rol activo en que éstos se implementen de acuerdo a lo planificado.
		4.2 Muestra motivación por mantener un aprendizaje continuo.	Realiza acciones al interior y/o exterior de su organización con el objetivo de desarrollarse profesionalmente y mejorar su desempeño interno que lo acredite a optar a nuevas

			funciones y/o posiciones jerárquicas.
		4.3 Incorpora los conocimientos y habilidades adquiridas para mejorar su desempeño laboral.	Analiza la pertinencia de implementar nuevas tecnologías, métodos y/o tendencias relacionadas con su experticia, evaluando técnica, económica y operativamente la pertinencia de implementarlas.
Efectividad personal	Ejecuta su trabajo de forma responsable y trabaja en base a una planificación previa.	5.1 Cumple con sus compromisos laborales en tiempo y forma.	Cumple con los plazos y estándar requeridos a cabalidad, informando oportunamente de posibles dificultades y sugiriendo medidas correctivas.
		5.2 Trabaja de acuerdo a planificaciones e instrucciones.	Coordina con su jefatura y/o equipo de trabajo las tareas, y tiempos necesarios de realizar las funciones requeridas.
		5.3 Muestra una conducta responsable de acuerdo a las normas establecidas.	Cumple las normas organizacionales y su quehacer laboral, difundiendo las con sus compañeros y asegurando que éstos también las cumplan.
Conducta segura y autocuidado	Desarrolla su trabajo cumpliendo con los protocolos de seguridad, con cuidado de la salud y el medioambiente.	6.1 Cumple con los protocolos de seguridad y salud ocupacional.	Promueve y supervisa el cumplimiento de los protocolos y el uso de elementos de seguridad correspondientes, mostrando el ejemplo ante colegas y subalternos.
		6.2 Respeta el medioambiente y cumple con las normativas medioambientales en su ámbito laboral.	Promueve y supervisa el cumplimiento de los protocolos y normativas medioambientales en el lugar de trabajo.

		6.3 Cuida su salud y la de sus compañeros /as de trabajo.	Promueve el cuidado de la salud y ayuda a crear conciencia sobre la prevención, el autocuidado y el cuidado de otros en el lugar de trabajo.
--	--	---	--

**IV. HERRAMIENTAS, EQUIPOS, MATERIALES Y EPP**

	LISTADO POR TIPO DE INSUMO
<b>HERRAMIENTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño asistido por ordenador (CAD) / Ingeniería asistida por ordenador (CAE)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modelado 0D/1D termo-fluido-eléctrico;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simulación de compatibilidad electromagnética;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cálculo eléctrico (corriente continua / corriente alterna);</li> </ul>
<b>EQUIPOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos de ensayo (curvas de polarización/eficiencia y transitorios);</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cámara climática;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• equipos de vibración/choque</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fuentes y cargas electrónicas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INSTRUMENTACIÓN: Sensores/detectores de hidrógeno fijos y portátiles; caudalímetros, manómetros, termopares; analizadores de gases; registradores de datos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQUIPO DE CONTROL Y VALIDACIÓN: Controlador lógico programable (PLC); unidad de control electrónico (ECU); sistemas hardware en el lazo (HIL); emuladores de batería/supercondensador.</li> </ul>
<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases patrón (hidrógeno, nitrógeno, helio); refrigerantes; juntas y sellantes compatibles.</li> </ul>
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ropa antiestática, calzado de seguridad, guantes adecuados a la tarea, gafas/pantalla facial, protección auditiva, respirador para manipulación de solventes.</li> </ul>

**V. EVIDENCIAS INDIRECTAS SUGERIDAS PARA LA EVALUACIÓN**

- No aplica

## VI. PERFILES ASOCIADOS A ESTA UCL

Sector	Subsector	Código del perfil	Nombre del perfil	Nivel de cualificación del perfil
Suministro de Gas, Electricidad y Agua	Energías Renovables No Convencionales		Desarrollador/a de sistemas de pilas de combustible	05