



Sesión 002-001 — Fundamentos del diseño de laboratorios de alta contención

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-001. Identifica las secciones conceptuales principales, los puntos clave y las transiciones lógicas de la sesión. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — Introducción: el laboratorio como sistema vivo

Enfoque principal: Establecer la idea fundamental de que un laboratorio de alta contención no es únicamente un edificio, sino un sistema vivo configurado por el diseño, los sistemas, los procedimientos y el comportamiento humano.

Puntos clave:

- Un laboratorio de contención depende tanto del comportamiento humano como de los sistemas técnicos.
- Las barreras físicas, los equipos, los procedimientos y la cultura de seguridad funcionan como un solo sistema.
- La falla de cualquiera de estos elementos debilita el sistema completo.
- La sesión sienta las bases conceptuales para entender la contención como protección integrada.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué es lo que realmente hace seguro a un laboratorio?
- ¿La seguridad se define por la infraestructura, el equipamiento o la cultura?

Señal de orientación: Introduce la pregunta central que acompañará todo el curso.

SECCIÓN 2 – Alcance y objetivos del curso

Enfoque principal: Clarificar el propósito, la estructura y el enfoque pedagógico del curso.

Puntos clave:

- El curso ofrece una visión integrada del diseño de laboratorios de alta contención, con énfasis en BSL-3.
- Los principios de bioseguridad se traducen en decisiones de diseño.
- El contenido se enmarca en contextos institucionales y operativos de América Latina.
- El curso enfatiza no solo qué hacer, sino por qué se toman las decisiones.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se convierten los principios de bioseguridad en decisiones de diseño?
- ¿Por qué el diseño debe adaptarse a los contextos locales?

Señal de orientación: Alinea las expectativas del participante con los objetivos técnicos y conceptuales del curso.

SECCIÓN 3 – Estructura del curso y bloques temáticos

Enfoque principal: Presentar la organización interna del curso y la progresión de los temas.

Puntos clave:

- El curso se divide en dos partes principales.
- La primera parte aborda el contexto histórico, los fundamentos técnicos, los materiales y los controles de ingeniería.
- La segunda parte aborda el diseño centrado en las personas, el equilibrio regulatorio, la continuidad operativa y la sostenibilidad.
- Cada bloque demuestra cómo los conceptos se integran progresivamente.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué la contención se analiza desde la historia hasta la sostenibilidad?
- ¿Cómo se conectan estos temas entre sí?

Señal de orientación: Proporciona un mapa de cómo se acumulan los conceptos a lo largo de las sesiones.

SECCIÓN 4 – Contexto histórico y origen de la contención biológica

Enfoque principal: Explicar por qué surge la contención biológica y cómo evoluciona históricamente.

Puntos clave:

- Los primeros laboratorios de contención se desarrollaron en Estados Unidos entre las décadas de 1940 y 1950.
- Instalaciones como Fort Detrick y Plum Island influyeron en las primeras estrategias de contención.
- La contención surge inicialmente vinculada a programas de defensa.
- Posteriormente se orienta hacia la salud pública y la investigación.
- Los brotes epidémicos refuerzan la necesidad de laboratorios más seguros.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué se crearon los primeros laboratorios de contención?
- ¿Cómo influyeron los eventos históricos en los laboratorios actuales?

Señal de orientación: Conecta el diseño contemporáneo de contención con sus raíces históricas.

SECCIÓN 5 – De sistemas técnicos a protección integrada

Enfoque principal: Reforzar la contención como un sistema integrado y no como un conjunto aislado de componentes técnicos.

Puntos clave:

- La contención no se logra mediante un solo sistema o dispositivo.
- Las decisiones de diseño abarcan materiales, organización espacial y capacitación del personal.
- Todas las decisiones responden a un principio de protección integral.
- La protección se extiende a las personas, los animales, el ambiente y la integridad de la investigación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede el equipamiento por sí solo garantizar la contención?
- ¿Cómo interactúan el diseño y la capacitación?

Señal de orientación: Marca la transición del contexto histórico al pensamiento sistémico.

SECCIÓN 6 – La planificación como base de la contención

Enfoque principal: Introducir la planificación como el factor más crítico para la seguridad y el desempeño del laboratorio.

Puntos clave:

- La planificación define los controles de acceso y la jerarquía espacial.
- El concepto de “caja dentro de la caja” aísla el laboratorio del entorno externo.
- La planificación respalda tanto la eficiencia energética como la bioseguridad.
- El diseño debe anticipar necesidades operativas y riesgos.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué la contención debe planificarse antes del diseño técnico?
- ¿Qué ocurre cuando la planificación es insuficiente?

Señal de orientación: Posiciona la planificación como la base de todas las decisiones posteriores.

SECCIÓN 7 – Influencia de los SOP en el diseño y la contención

Enfoque principal: Explicar cómo los Procedimientos Operativos Estándar influyen directamente en el diseño del laboratorio.

Puntos clave:

- Los SOP determinan medidas de contención primaria como las cabinas de bioseguridad.
- Los flujos de trabajo influyen en la distribución espacial y la ubicación de equipos.
- Las actividades generadoras de aerosoles requieren estrategias específicas de contención.
- Los SOP definen los requerimientos de equipo de protección personal.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo influyen las prácticas de trabajo en el diseño espacial?
- ¿Pueden separarse los SOP de la arquitectura?

Señal de orientación: Vincula el comportamiento operativo con los requerimientos físicos del diseño.

SECCIÓN 8 – Barreras secundarias, flujo de aire y zonificación de presión

Enfoque principal: Describir cómo los SOP influyen en los sistemas de contención secundaria.

Puntos clave:

- Los diferenciales de presión organizan zonas limpias, menos limpias y potencialmente contaminadas.
- Los flujos de personal y materiales deben alinearse con la zonificación de presión negativa.
- Los sistemas HVAC responden a las necesidades procedimentales.
- La dirección del flujo de aire refleja el riesgo biológico.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando el flujo de aire contradice el flujo operativo?
- ¿Cómo protege la zonificación a la contención?

Señal de orientación: Conecta los procedimientos con los sistemas mecánicos.

SECCIÓN 9 – Descontaminación y gestión de residuos como impulsores del diseño

Enfoque principal: Presentar los requerimientos de descontaminación como determinantes del diseño del laboratorio.

Puntos clave:

- Los SOP pueden requerir autoclave o desinfección química antes de la salida de materiales.
- El diseño puede incluir autoclaves pasantes y sistemas de tratamiento de efluentes.
- La descontaminación de salas completas exige sellado hermético y puertos de inyección.
- Los acabados deben resistir la exposición química.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué cambios de diseño exige la descontaminación con VHP?
- ¿Por qué la hermeticidad debe planificarse desde el inicio?

Señal de orientación: Muestra cómo los requerimientos operativos fijan decisiones físicas irreversibles.

SECCIÓN 10 – Hermeticidad y verificación de la contención

Enfoque principal: Explicar la importancia de la hermeticidad del laboratorio y su verificación.

Puntos clave:

- Los laboratorios herméticos son más seguros y más eficientes energéticamente.
- La hermeticidad estabiliza los diferenciales de presión y el flujo de aire.
- Los laboratorios deben aislarse de las fluctuaciones de presión atmosférica.

- Las pruebas de decaimiento de presión verifican el desempeño de la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo sabemos que un laboratorio es realmente hermético?
- ¿Por qué la verificación es tan importante como el diseño?

Señal de orientación: Introduce la validación como un requisito medible.

SECCIÓN 11 – Sostenibilidad y consideraciones energéticas

Enfoque principal: Abordar la sostenibilidad dentro de las limitaciones de los laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- Los laboratorios BSL-3 renuevan el 100 % del aire y no pueden recircularlo.
- La eficiencia energética es posible cuando se aborda desde la planificación y el diseño.
- La integridad de la contención siempre tiene prioridad.
- La sostenibilidad comienza con la hermeticidad y la optimización de sistemas.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede un laboratorio de alta contención ser sostenible?
- ¿De dónde provienen las mejoras de eficiencia?

Señal de orientación: Prepara la transición desde los fundamentos hacia el diseño avanzado de sistemas.

SECCIÓN 12 – Reflexión final: la contención como responsabilidad compartida

Enfoque principal: Cerrar la sesión reforzando la contención como una responsabilidad técnica y humana compartida.

Puntos clave:

- La seguridad surge de la interacción entre sistemas, personas y cultura.
- Las decisiones de diseño tienen consecuencias a largo plazo.
- La contención se mantiene mediante atención continua y disciplina operativa.
- La pregunta rectora del curso permanece vigente en todas las sesiones.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Quién es responsable de la contención a lo largo del tiempo?
- ¿Cómo afectan las decisiones actuales a la seguridad futura?

Señal de orientación: Cierra la sesión reafirmando los principios fundamentales que sustentan todo el curso.



Sesión 002-002 — Diseño en profundidad: sistemas críticos e infraestructura

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-002. Identifica las secciones conceptuales principales, las decisiones críticas de diseño y las transiciones lógicas de la sesión. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — El laboratorio como sistema vivo

Enfoque principal: Introducir el laboratorio como un sistema dinámico y vivo, más que como una colección estática de muros, equipos o especificaciones.

Puntos clave:

- El curso se basa en experiencia acumulada en proyectos de alta contención en América Latina.
- El laboratorio no se define únicamente por muros, filtros o ventilación.
- La contención, el confort y la eficiencia dependen de cómo los sistemas interactúan en el tiempo.
- El laboratorio debe entenderse como un sistema que evoluciona durante la operación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Es un laboratorio solo una colección de componentes?
- ¿Qué ocurre cuando una parte del sistema cambia?

Señal de orientación: Establece el pensamiento sistémico como lente fundamental de toda la sesión.

SECCIÓN 2 – Diseño en profundidad como enfoque basado en desempeño

Enfoque principal: Definir qué significa “diseño en profundidad” en el contexto de laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- El diseño en profundidad va más allá de planos y catálogos de equipos.
- Requiere anticipar el comportamiento del laboratorio a 10, 15 o 20 años.
- Las decisiones afectan la hermeticidad, la respuesta del sistema ante fallas, el consumo energético y la seguridad del personal.
- Cada componente existe por una razón dentro de un equilibrio mayor.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se comportará este laboratorio años después de la puesta en marcha?
- ¿Qué ocurre cuando se modifica un componente?

Señal de orientación: Plantea el diseño como una cuestión de desempeño a largo plazo, no como una tarea constructiva de corto plazo.

SECCIÓN 3 – Capas del diseño de contención

Enfoque principal: Presentar la contención como un sistema por capas compuesto por múltiples elementos interdependientes.

Puntos clave:

- Se introducen las barreras físicas como una capa de la contención.
- Los sistemas de ingeniería críticos soportan la contención.
- La gestión energética se integra al desempeño de la contención.
- La sesión culmina con un caso real de integración.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde reside realmente la contención?
- ¿Puede un solo sistema garantizar la contención por sí mismo?

Señal de orientación: Prepara al participante para entender la contención como sistema y no como elemento aislado.

SECCIÓN 4 – Sistemas críticos como elementos de contención

Enfoque principal: Ubicar a los sistemas críticos como componentes integrales de la contención, no como infraestructura auxiliar.

Puntos clave:

- Los sistemas HVAC no son solo sistemas de confort.
- El comportamiento del aire afecta directamente la estabilidad de la contención.
- El flujo direccional y los gradientes de presión son mecanismos de contención.
- El balance del sistema es esencial; modificar un elemento afecta a todos los demás.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre si se modifica el balance de aire sin coordinación?
- ¿Puede existir contención sin un control estable del flujo de aire?

Señal de orientación: Transita de la contención conceptual a las realidades mecánicas y operativas.

SECCIÓN 5 – Flujo de aire direccional y control de presión

Enfoque principal: Explicar la lógica del flujo de aire direccional y de la presión diferencial en laboratorios BSL-3.

Puntos clave:

- Un laboratorio BSL-3 no está completamente sellado.
- La barrera secundaria es el flujo de aire direccional.
- La fuga controlada es intencional y gestionada.
- Las diferencias de presión entre salas mantienen la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde queremos que ocurran las fugas?
- ¿Qué sucede cuando se abren las puertas?

Señal de orientación: Aclara conceptos erróneos comunes sobre sellado y contención.

SECCIÓN 6 – Dispositivos de control de aire como componentes críticos de contención

Enfoque principal: Describir los dispositivos de control de aire como elementos críticos de la contención.

Puntos clave:

- Los dispositivos de control de aire no son componentes HVAC genéricos.

- Las válvulas Venturi y compuertas controlan direccionalidad y estabilidad.
- Estos dispositivos determinan la recuperación tras eventos dinámicos.
- Deben cumplir criterios aerodinámicos y de integridad de contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué define una válvula de aire de grado de contención?
- ¿Cómo afecta el tiempo de recuperación a la seguridad?

Señal de orientación: Vincula decisiones mecánicas directamente con resultados de bioseguridad.

SECCIÓN 7 – Medición, monitoreo y estabilidad del sistema

Enfoque principal: Destacar la medición y el monitoreo como base del control de la contención.

Puntos clave:

- La contención depende de mediciones confiables.
- Sin datos, el sistema está ciego.
- Los sensores de presión diferencial deben ubicarse estratégicamente.
- La calibración es esencial para evitar inestabilidad y consumo energético excesivo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando los sensores son inexactos?
- ¿Puede confiarse en la contención sin verificación?

Señal de orientación: Introduce la verificación como requisito operativo continuo.

SECCIÓN 8 – Sistemas HVAC y demanda energética en laboratorios BSL-3

Enfoque principal: Explicar por qué los sistemas HVAC dominan el consumo energético en laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- El aire es el principal consumidor de energía en un BSL-3.
- El aire de paso único y la operación continua impulsan la demanda.
- El aire debe acondicionarse completamente antes de ingresar al laboratorio.
- Las decisiones de diseño HVAC afectan directamente energía y contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué los laboratorios BSL-3 consumen de 10 a 20 veces más energía?
- ¿Dónde puede introducirse eficiencia sin generar riesgo?

Señal de orientación: Prepara la integración entre sostenibilidad y contención.

SECCIÓN 9 – Sostenibilidad como estrategia de contención

Enfoque principal: Presentar la sostenibilidad como parte integral de la bioseguridad, no como un objetivo separado.

Puntos clave:

- Sostenibilidad no significa reducir energía a cualquier costo.
- La eficiencia no debe comprometer la contención.
- Las mejoras técnicas también pueden ser mejoras ambientales.
- La sostenibilidad es una forma de pensar, no un adorno.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede un laboratorio más seguro ser también más eficiente?
- ¿Qué ocurre cuando la sostenibilidad se considera tarde?

Señal de orientación: Replantea la sostenibilidad como un tema de seguridad y resiliencia.

SECCIÓN 10 – Jerarquía de estrategias energéticas

Enfoque principal: Introducir la secuencia prioritaria para la toma de decisiones energéticas.

Puntos clave:

- Primero: reducir la demanda.
- Segundo: optimizar los sistemas.
- Tercero: recuperar energía.
- Cuarto: generar energía renovable.
- La generación renovable sólo tiene sentido cuando la demanda está definida.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué el dimensionamiento fotovoltaico va al final?
- ¿Qué ocurre cuando la generación compensa ineficiencias?

Señal de orientación: Establece orden y disciplina en la toma de decisiones energéticas.

SECCIÓN 11 – Caso integrado: SAG Lo Aguirre

Enfoque principal: Aplicar los conceptos de la sesión a un proyecto real de laboratorio de alta contención.

Puntos clave:

- Se presenta el laboratorio BSL-3+ SAG Lo Aguirre en Chile.
- Las decisiones de diseño condujeron a un edificio carbono neutral.

- Certificación bajo CES e ISO 50001.
- Demuestra que la contención y sostenibilidad son compatibles.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se traducen estas decisiones en edificios reales?
- ¿Qué compromisos fueron necesarios?

Señal de orientación: Demuestra la integración entre teoría y práctica.

SECCIÓN 12 – Costo de ciclo de vida y responsabilidad ética

Enfoque principal: Cerrar la sesión vinculando las decisiones de diseño con el costo de ciclo de vida y la responsabilidad.

Puntos clave:

- La construcción es solo una fracción del costo total del ciclo de vida.
- La operación y el mantenimiento dominan los costos de largo plazo.
- La capacitación continua y la recommissioning son esenciales.
- Planificar es una responsabilidad ética, no solo técnica.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué define el éxito si un laboratorio no puede sostenerse?
- ¿Quién asume las consecuencias de una mala planificación?

Señal de orientación: Cierra la sesión reafirmando la planificación como una decisión estratégica y no como un ejercicio de diseño.



Sesión 002-003 — Planificación

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-003. Identifica las secciones conceptuales principales, los puntos decisivos y las transiciones lógicas del curso. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — El laboratorio como sistema de ciclo de vida

Enfoque principal: Introducir el laboratorio de alta contención como una instalación viva, regida por un ciclo de vida completo, y establecer la planificación como el marco fundamental del curso.

Puntos clave:

- El laboratorio de alta contención no es un proyecto de construcción convencional.
- Se concibe como un ciclo repetitivo de evaluación, validación, capacitación y operación.
- El horizonte típico de análisis es de 20 a 25 años.
- La operación y el mantenimiento constituyen la fase más larga y costosa del ciclo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué un laboratorio no puede entenderse como una línea recta de diseño y obra?
- ¿Qué implica planificar para décadas y no solo para la inauguración?

Señal de orientación: Establece el marco temporal y conceptual desde el cual se evaluarán todas las decisiones posteriores.

SECCIÓN 2 – Fallas de planificación como origen de los problemas en alta contención

Enfoque principal: Desmontar la idea de que los problemas en laboratorios BSL-3 son principalmente fallas técnicas.

Puntos clave:

- La mayoría de los problemas no son errores de cálculo o selección de equipos.
- Las fallas nacen cuando decisiones críticas se toman demasiado pronto, demasiado tarde o sin información suficiente.
- Los errores de planificación se propagan a diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- Cuando un BSL-3 no funciona, ¿qué falló realmente?
- ¿Por qué los errores tempranos son difíciles de corregir después?

Señal de orientación: Introduce la tesis central del curso: planificar es decidir, y decidir mal tiene consecuencias irreversibles.

SECCIÓN 3 – Viabilidad como objetivo central de la sesión

Enfoque principal: Definir claramente qué tipo de clase es esta y qué tipo de clase no es.

Puntos clave:

- No es una clase de diseño arquitectónico.
- No es una clase normativa ni de cumplimiento regulatorio.
- No es una clase de selección tecnológica.
- Es una clase sobre viabilidad.

Puntos de énfasis:

- Evaluar si un laboratorio puede construirse, operarse y mantenerse de forma segura y sustentable.
- La viabilidad antecede al diseño.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Este proyecto puede sostenerse técnica, operativa y financieramente durante 2025 años?

Señal de orientación: Delimita el alcance de la sesión y alinea expectativas del participante.

SECCIÓN 4 – Presupuesto como resultado, no como punto de partida

Enfoque principal: Reordenar la lógica tradicional de inicio de proyectos de laboratorio.

Puntos clave:

- El presupuesto no puede ser el punto de partida.
- Es el resultado explícito del proceso de planificación.
- Los números tempranos son hipótesis, no compromisos.
- Muchas decisiones costosas se fijan temprano sin reconocerse como decisiones financieras.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué pedir números antes de tomar decisiones genera errores estructurales?
- ¿Qué decisiones fijan costos sin que lo notemos?

Señal de orientación: Conecta planificación con consecuencias financieras de largo plazo.

SECCIÓN 5 – Cadena secuencial de decisiones en planificación

Enfoque principal: Presentar la lógica del curso como una secuencia estructurada de decisiones.

Puntos clave:

- Cada paso reduce incertidumbre.
- Cada paso fija decisiones técnicas y financieras.
- Las opciones reales se cierran progresivamente.
- El orden de los pasos importa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué pasa cuando se invierte el orden de esta cadena?
- ¿Qué decisiones no pueden deshacerse más adelante?

Señal de orientación: Introduce el diagrama lógico del curso y prepara la transición a los insumos del cliente.

SECCIÓN 6 – Insumos iniciales del cliente: valor y límites

Enfoque principal: Distinguir entre insumos preliminares y requerimientos técnicos validados.

Puntos clave:

- Programa científico propuesto.
- Lista preliminar de patógenos.
- Sitio disponible.
- Presupuesto objetivo.
- Cronograma institucional.

Concepto central:

- Estos insumos no son incorrectos, pero tampoco son suficientes.
- En esta etapa son hipótesis, no requerimientos.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando tratamos hipótesis como requerimientos?
- ¿Qué información falta todavía?

Señal de orientación: Prepara el paso hacia la validación y el análisis de riesgo biológico.

SECCIÓN 7 – Validar no es cuestionar: traducir intenciones en consecuencias

Enfoque principal: Explicar qué significa validar durante la planificación.

Puntos clave:

- Validar no es frenar el proyecto ni cuestionar la autoridad del cliente.
- Es traducir intenciones en consecuencias técnicas.
- Biología → espacio → sistemas → costos.
- No validar traslada consecuencias hacia adelante, donde son más caras.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué implica realmente “queremos trabajar con influenza”?
- ¿Qué significa operar 24/7 en términos reales?

Señal de orientación: Cierra la fase de insumos y abre el paso al riesgo biológico.

SECCIÓN 8 – Evaluación del riesgo biológico como evento decisivo

Enfoque principal: Presentar el análisis de riesgo biológico como el punto de inflexión del proyecto.

Puntos clave:

- No es un requisito administrativo.
- Es el evento decisivo más importante del proyecto.
- Transforma la intención institucional en obligación técnica.
- La biología deja de ser abstracta y empieza a imponer condiciones físicas.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué cambia después del análisis de riesgo?
- ¿Qué ocurre si este paso se hace de forma superficial?

Señal de orientación: Marca el momento en que el proyecto se vuelve biológico.

SECCIÓN 9 – Riesgo basado en actividad, no solo en patógeno

Enfoque principal: Desmontar la clasificación automática por patógeno o BSL.

Puntos clave:

- El mismo patógeno puede implicar riesgos distintos.
- El riesgo depende de actividades, frecuencia, personal y contexto.
- Evaluar solo el patógeno es una causa común de fracaso.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué pasa cuando evaluamos el patógeno pero no la actividad?
- ¿Cómo cambia el riesgo entre cultivo, animales o diagnóstico?

Señal de orientación: Introduce la relación directa entre riesgo y diseño espacial.

SECCIÓN 10 – Del riesgo al espacio, flujos y contención

Enfoque principal: Mostrar cómo el riesgo fija decisiones espaciales irreversibles.

Puntos clave:

- El tamaño del laboratorio no lo define el presupuesto.
- Lo definen los flujos, las separaciones y los SOPs.
- El riesgo cambia el presupuesto, no al revés.
- El espacio impone una estrategia de contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué pasa cuando el riesgo exige duchas, esclusas y descontaminación?
- ¿Por qué el edificio todavía debe sentirse abstracto aquí?

Señal de orientación: Conduce hacia la definición de contención como sistema integrado.

SECCIÓN 11 – Contención como sistema integrado

Enfoque principal: Definir la contención más allá de un elemento aislado.

Puntos clave:

- Barreras físicas.
- Sistemas mecánicos.
- Procedimientos operativos.
- Comportamiento humano.
- Si uno falla, falla el sistema completo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde vive realmente la barrera de contención?
- ¿Puede un procedimiento corregir una mala geometría?

Señal de orientación: Prepara la transición hacia envolvente, HVAC y desempeño.

SECCIÓN 12 – Diseño integrado y toma de decisiones temprana

Enfoque principal: Introducir el Proceso de Diseño Integrado (PDI).

Puntos clave:

- Equipos multidisciplinarios desde el inicio.
- Mayor impacto en costo ocurre en planificación y diseño esquemático.
- El error de sobredimensionar se paga durante décadas.
- La planificación decide qué riesgos se aceptan.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando las disciplinas trabajan en secuencia?
- ¿Por qué el edificio debe absorber errores humanos?

Señal de orientación: Cierra la sesión estableciendo planificación como decisión estratégica, no como diseño.



Sesión 002-004 — Diseño

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-004. Identifica las secciones conceptuales principales, los puntos de inflexión estructurales y las transiciones lógicas de la sesión. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — El diseño no comienza con una página en blanco

Enfoque principal: Replantear la fase de diseño como un proceso de verificación y consolidación, y no como un inicio creativo.

Puntos clave:

- El diseño hereda decisiones de la planificación.
- Las suposiciones deben hacerse explícitas antes de comenzar a dibujar.
- Las re-decisiones silenciosas generan riesgos aguas abajo.
- El diseño valida si las decisiones previas son técnicamente coherentes.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué estamos diseñando exactamente?
- ¿Qué ocurre si comenzamos a dibujar sin verificar las decisiones heredadas?

Señal de orientación: Establece el límite conceptual entre planificación (002-003) y diseño (002-004).

SECCIÓN 2 – La transición crítica de la planificación al diseño

Enfoque principal: Definir la transferencia formal necesaria antes de entrar al diseño esquemático.

Puntos clave:

- Las decisiones heredadas deben estar documentadas.
- Las restricciones no resueltas deben identificarse.
- El proyecto debe ser demostrablemente diseñable.
- La verificación es un punto de control estructural, no una formalidad administrativa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Estamos seguros de qué ya fue decidido?
- ¿Qué sigue siendo ambiguo pero se asume como fijo?

Señal de orientación: Marca el punto de inflexión donde el proyecto pasa a estar estructuralmente condicionado.

SECCIÓN 3 – El Proceso de Diseño Integrado (IDP) como arquitectura de decisiones

Enfoque principal: Presentar el IDP como un marco coordinado y secuenciado de toma de decisiones.

Puntos clave:

- Arquitectura, ingeniería y bioseguridad deben alinearse desde etapas tempranas.
- El esfuerzo se desplaza hacia fases inicial.
- El orden de las decisiones reduce conflictos posteriores.
- La fragmentación secuencial aumenta el riesgo de rediseño.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando cada disciplina trabaja de forma independiente?
- ¿En qué momento se fijan realmente los costos?

Señal de orientación: Posiciona la integración como una necesidad estructural y no como una preferencia de gestión.

SECCIÓN 4 – Momento de decisión e impacto en costos

Enfoque principal: Establecer la relación entre el momento en que se decide y las consecuencias a lo largo del ciclo de vida.

Puntos clave:

- Las decisiones tempranas son económicas de ajustar.
- Los cambios tardíos multiplican el costo y la interrupción operativa.
- Entre el diseño esquemático y el anteproyecto debe resolverse la mayor parte de la lógica estructural.
- El proyecto ejecutivo no rediseña el laboratorio.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo un cambio sigue siendo asumible?
- ¿Qué ocurre si el layout cambia durante la fase ejecutiva?

Señal de orientación: Conecta la secuencia de decisiones con el control del costo y del riesgo en el ciclo de vida.

SECCIÓN 5 – El diseño esquemático como punto de congelamiento

Enfoque principal: Definir el diseño esquemático como el momento en que se fija estructuralmente el layout y la lógica de flujos.

Puntos clave:

- El congelamiento del layout define la jerarquía espacial.
- Los recorridos de flujo se convierten en restricciones arquitectónicas.
- HVAC y las cascadas de presión dependen de la geometría.
- La flexibilidad disminuye después del congelamiento.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué se vuelve irreversible después del diseño esquemático?
- ¿Qué significa “mover un muro” en un BSL-3?

Señal de orientación: Prepara la transición de la lógica espacial al acoplamiento de sistemas.

SECCIÓN 6 – Los flujos operativos como primer sistema de seguridad

Enfoque principal: Establecer los flujos como el mecanismo estructural básico de seguridad.

Puntos clave:

- Flujo de personal.
- Flujo de materiales.
- Flujo de residuos.
- Zonificación por capas (campus → edificio → laboratorio → BSL-3).
- Minimización de cruces.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Pueden los sistemas mecánicos compensar una mala lógica de flujos?
- ¿Dónde comienza realmente la seguridad?

Señal de orientación: Reorienta la contención desde los sistemas mecánicos hacia el comportamiento espacial.

SECCIÓN 7 – La contención como comportamiento del aire

Enfoque principal: Definir la contención en BSL-3 en términos de comportamiento y no solo de valores numéricos.

Puntos clave:

- Estabilidad direccional del flujo de aire.
- Fugas controladas. Influencia de puertas y aperturas.
- La presión diferencial como mecanismo de robustez, no como origen de la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Un valor de presión crea contención?
- ¿Qué determina realmente la dirección del aire?

Señal de orientación: Vincula la geometría espacial con la lógica mecánica.

SECCIÓN 8 – Redundancia (N+1) y resiliencia

Enfoque principal: Introducir la redundancia como lógica de resiliencia arquitectónica.

Puntos clave:

- Evitar puntos únicos de falla.
- Aplicación a extracción, suministro, sistemas eléctricos y controles.
- Resiliencia ante fallas.
- Continuidad de la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando falla un ventilador?
- ¿La redundancia es opcional o estructural?

Señal de orientación: Conecta la arquitectura de sistemas con la continuidad operativa.

SECCIÓN 9 – Equipos de barrera como decisiones de sistema

Enfoque principal: Tratar autoclaves, EDS y componentes HEPA como decisiones integradas de diseño.

Puntos clave:

- La ubicación del equipo afecta flujos y envolvente.
- El acceso de mantenimiento influye en el riesgo de exposición.
- La ubicación impacta el costo de ciclo de vida.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿La selección de equipos es solo una tarea de compra?
- ¿Dónde debe realizarse el mantenimiento respecto a la contención?

Señal de orientación: Refuerza el pensamiento sistémico más allá de la elección de productos.

SECCIÓN 10 – El anteproyecto como resolución técnica completa

Enfoque principal: Definir el anteproyecto como la etapa de consolidación técnica total.

- Puntos clave: Dimensionamiento de sistemas finalizado.
- Cascadas de presión validadas.
- Conflictos interdisciplinarios resueltos.
- Redundancia confirmada.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué debe estar completamente resuelto antes de iniciar el proyecto ejecutivo?
- ¿Qué riesgos surgen si los sistemas permanecen indefinidos?

Señal de orientación: Transición de la lógica esquemática a la definición completa del sistema.

SECCIÓN 11 – Las Bases de Diseño (BOD) como memoria técnica

Enfoque principal: Presentar las BOD como el documento que ancla la continuidad de decisiones.

Puntos clave:

- Registran requerimientos validados.
- Definen arquitectura de sistemas y lógica de redundancia.
- Capturan la estrategia de flujo de aire y contención.
- Guían el proyecto ejecutivo y el commissioning.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué evita reinterpretaciones durante la construcción?
- ¿Dónde se preservan las decisiones estructurales?

Señal de orientación: Posiciona la documentación como control estructural y no como trámite administrativo.

SECCIÓN 12 – Precisión BIM y niveles tempranos de LOD

Enfoque principal: Explicar por qué el diseño en alta contención requiere precisión temprana en el modelado.

Puntos clave:

- Sistemas críticos requieren LOD 350400.
- La coordinación libre de interferencias es crítica para la seguridad.
- La ambigüedad progresiva es inaceptable. La precisión del modelo facilita la validación regulatoria.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede la contención tolerar un trazado “aproximado” de ductos?
- ¿Cuándo debe estar cerrada la coordinación?

Señal de orientación: Cierra la clase reforzando que el diseño en alta contención es un proceso disciplinado de cierre de decisiones, no un refinamiento incremental.

Cómo utilizar este mapa de la clase

Al revisar la sesión:

- Distinguir la lógica de verificación de la lógica de diseño creativo.
- Identificar puntos de congelamiento y decisiones irreversibles.
- Relacionar directamente el layout con el comportamiento del aire.
- Entender la redundancia como resiliencia arquitectónica.
- Reconocer el anteproyecto como resolución técnica completa.
- Considerar las BOD como continuidad estructural.
- Evitar reducir la contención a cumplimiento numérico.



Sesión 002-005 — Construcción, commissioning y aceptación final

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-005, identificando no solo los temas tratados, sino la lógica que los conecta. La sesión no introduce elementos aislados, sino que desarrolla una cadena continua: desde la materialización del riesgo en construcción, pasando por la pérdida o preservación de coherencia del sistema, hasta la verificación del desempeño y la aceptación final basada en evidencia. Este documento funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — El riesgo se vuelve físico en la construcción

Enfoque principal:

Establecer que la fase de construcción marca el punto en el que el riesgo definido en planificación y diseño deja de ser una abstracción técnica y se convierte en una condición física real que debe ser ejecutada, controlada y verificada.

Puntos clave:

- El riesgo definido en fases anteriores no desaparece ni se resuelve automáticamente.
- En la construcción, ese riesgo se traduce en condiciones físicas concretas.

- La contención deja de existir como intención y pasa a depender completamente de la ejecución.
- Cada decisión constructiva introduce o preserva condiciones que afectan el desempeño del sistema.
- A partir de este punto, el laboratorio deja de ser un proyecto conceptual y se convierte en un sistema real con comportamiento físico.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿En qué momento el riesgo deja de ser una definición y se convierte en una condición real?
- ¿Qué ocurre si la ejecución no corresponde exactamente al riesgo definido?

Señal de orientación:

Esta sección marca el inicio del cambio crítico del proyecto: de diseño a sistema físico, donde comienza a definirse el desempeño real de la contención.

SECCIÓN 2 — La construcción como determinante de la contención

Enfoque principal:

Reubicar el concepto de contención desde el diseño hacia la construcción, estableciendo que la contención no existe en planos ni en especificaciones, sino únicamente en lo que se construye.

Puntos clave:

- El diseño define intención, pero no garantiza resultado.
- La construcción determina si la contención existe o no en la realidad.
- El laboratorio opera según condiciones instaladas, no según lo diseñado.
- La coherencia entre diseño y ejecución es la condición necesaria para la contención.
- Una desviación en obra rompe esa coherencia, independientemente de la calidad del diseño.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde existe realmente la contención: en los planos o en la ejecución?
- ¿Puede un diseño correcto producir un sistema que no contiene?

Señal de orientación:

Se establece que la responsabilidad de la contención se desplaza de la intención técnica al resultado físico.

SECCIÓN 3 — La pérdida de coherencia como origen del fallo

Enfoque principal:

Explicar que el fallo de un laboratorio BSL-3 no es un evento puntual, sino un proceso progresivo en el que se pierde la coherencia entre el riesgo definido y la ejecución física.

Puntos clave:

- El fallo no ocurre por una sola decisión crítica.
- Se produce por acumulación de desviaciones a lo largo de la construcción.
- Cada desviación introduce una diferencia entre lo definido y lo ejecutado.

- Esa diferencia afecta el desempeño del sistema de forma acumulativa.
- El sistema puede parecer completo, pero haber perdido la coherencia necesaria para contener.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿En qué momento comienza realmente el fallo del sistema?
- ¿Es visible la pérdida de coherencia durante la construcción?

Señal de orientación:

Introduce la lógica acumulativa del fallo y elimina la idea de error único.

SECCIÓN 4 — Variabilidad en construcción y su impacto en desempeño

Enfoque principal:

Analizar cómo pequeñas variaciones durante la construcción generan desviaciones que afectan el desempeño global del sistema.

Puntos clave:

- Variaciones en materiales, tolerancias y secuencia introducen desviaciones.
- Estas desviaciones no son aisladas; se integran en el sistema.
- El comportamiento del sistema depende de la interacción de sus partes.
- Una variación local puede afectar la contención global.
- El desempeño no es la suma de elementos, sino el resultado de su interacción.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué impacto real tiene una pequeña variación en un sistema de contención?
- ¿Puede una desviación aparentemente menor afectar el desempeño total?

Señal de orientación:

Conecta la ejecución detallada con el comportamiento del sistema completo.

SECCIÓN 5 — La construcción como último punto de control

Enfoque principal:

Establecer que la construcción representa la última oportunidad efectiva para corregir desviaciones antes de que se integren permanentemente en la operación del laboratorio.

Puntos clave:

- Las desviaciones pueden identificarse y corregirse en obra.
- Una vez construido, el sistema entra en operación con esas condiciones.
- Las correcciones posteriores implican mayor complejidad técnica.
- También implican mayor costo y afectación operativa.
- Las decisiones no corregidas se trasladan directamente al ciclo de vida del laboratorio.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo deja de ser viable corregir una desviación?
- ¿Qué ocurre si se acepta una desviación durante la construcción?

Señal de orientación:

Define la construcción como el último punto real de control técnico.

SECCIÓN 6 — Presión de costo y cronograma como generadores de desviación

Enfoque principal:

Analizar cómo las condiciones reales de ejecución influyen en decisiones técnicas que pueden introducir desviaciones.

Puntos clave:

- La construcción ocurre bajo presión de costo y tiempo.
- Estas presiones afectan decisiones en obra.
- Las decisiones pueden alejarse del riesgo definido.
- Se introducen desviaciones justificadas por condiciones operativas.
- La coherencia técnica puede perderse bajo estas condiciones.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué decisiones cambian cuando el proyecto entra en presión?
- ¿Cómo se justifican desviaciones en obra?

Señal de orientación:

Introduce factores externos que afectan directamente el desempeño del sistema.

SECCIÓN 7 — Fragmentación en obra y pérdida de coherencia

Enfoque principal:

Explicar cómo la ejecución fragmentada entre múltiples actores contribuye a la pérdida de coherencia del sistema.

Puntos clave:

- La construcción involucra múltiples disciplinas y actores.
- Cada uno ejecuta una parte del sistema.
- Sin integración, se generan inconsistencias.
- Estas inconsistencias se traducen en desviaciones acumulativas.
- La contención depende de la coordinación entre todos los actores.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando cada disciplina ejecuta sin integración?
- ¿Dónde se pierde la coherencia del sistema?

Señal de orientación:

Refuerza que la contención es resultado de integración, no de ejecución aislada.

SECCIÓN 8 — Commissioning como verificación del desempeño

Enfoque principal:

Definir el commissioning como el proceso que verifica el desempeño real del sistema de contención.

Puntos clave:

- No es una actividad final del proyecto.
- Es un proceso de verificación del sistema completo.
- Evalúa el desempeño en condiciones reales de operación.
- Incluye evaluación bajo escenarios de falla.
- Permite demostrar si el sistema contiene o no.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué significa realmente verificar un laboratorio?
- ¿Es suficiente probar que el sistema funciona?

Señal de orientación:

Introduce la verificación como requisito para validar la contención.

SECCIÓN 9 — Condiciones reales y escenarios de falla

Enfoque principal:

Establecer los criterios bajo los cuales debe evaluarse el desempeño del sistema.

Puntos clave:

- Las condiciones estáticas no representan el comportamiento real.
- El sistema debe evaluarse en condiciones reales.
- También debe evaluarse en escenarios de falla.
- La contención debe mantenerse en ambas condiciones.
- El desempeño debe demostrarse mediante evidencia.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando el sistema deja de operar en condiciones ideales?
- ¿La contención se mantiene en escenarios de falla?

Señal de orientación:

Define los criterios técnicos de verificación.

SECCIÓN 10 — As-built como base de verificación

Enfoque principal:

Establecer que la verificación del sistema depende de la representación real de lo construido.

Puntos clave:

- Los planos as-built representan el sistema construido.
- Permiten verificar el desempeño real.
- Son base para operación y mantenimiento.
- La precisión del as-built afecta la validez del commissioning.
- Sin as-built confiable, la verificación pierde validez.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué se está verificando si el as-built no representa el sistema real?
- ¿Puede validarse un sistema sin documentación confiable?

Señal de orientación:

Conecta documentación con verificación técnica.

SECCIÓN 11 — Contrato como estructura de decisión técnica

Enfoque principal:

Explicar que el contrato define cómo se toman decisiones técnicas durante la construcción.

Puntos clave:

- El contrato establece criterios de desempeño.
- Define quién tiene autoridad técnica.
- Sin criterios medibles, las decisiones se vuelven interpretativas.
- Las decisiones técnicas se trasladan al sitio de obra.
- La contención puede depender de interpretaciones en ejecución.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Quién decide en obra cuando el contrato no es claro?
- ¿Qué ocurre cuando no hay criterios medibles?

Señal de orientación:

Introduce el contrato como mecanismo estructural de control técnico.

SECCIÓN 12 — Aceptación final basada en desempeño

Enfoque principal:

Definir la aceptación del laboratorio como el resultado de evidencia técnica del desempeño del sistema.

Puntos clave:

- La aceptación no depende de la finalización de la obra.
- Tampoco depende de la puesta en marcha.
- Depende de evidencia de desempeño del sistema.
- Esta evidencia debe incluir condiciones reales y escenarios de falla.
- La aceptación establece que el laboratorio cumple con los criterios de contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo puede considerarse que un laboratorio cumple?
- ¿Qué evidencia es necesaria para aceptar la contención?

Señal de orientación:

Cierra la sesión estableciendo la aceptación como verificación técnica basada en desempeño.

Cómo utilizar este mapa de la clase

Al revisar la sesión:

- Identificar el punto en que el riesgo se vuelve físico.
- Reconocer la relación entre diseño y ejecución.
- Identificar desviaciones y su acumulación.
- Entender el commissioning como verificación del desempeño.
- Evaluar la aceptación como evidencia técnica, no como finalización.



Sesión 002-006 — Capacitación, Operación, y Mantenimiento

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-006, identificando no solo los temas tratados, sino la lógica que los conecta. La sesión no introduce elementos aislados, sino que desarrolla una cadena continua: desde la operación como punto crítico de la contención, pasando por la interpretación del sistema bajo condiciones reales, hasta la toma de decisiones, la gobernanza y la sostenibilidad del desempeño en el tiempo. Este documento funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — La contención se define en la operación

Enfoque principal:

Establecer que la contención no se pierde en ausencia de sistemas, sino durante la operación bajo condiciones reales, donde el comportamiento del sistema determina el desempeño.

Puntos clave:

- El laboratorio no falla cuando está apagado.
- La contención se sostiene en condiciones reales de operación.
- La variabilidad y la intervención humana son constantes.

- El sistema se degrada con el tiempo si no se controla.
- La operación define si la contención existe en la práctica.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo se pierde realmente la contención?
- ¿Puede un sistema técnicamente correcto fallar en operación?

Señal de orientación:

Introduce la operación como el punto crítico donde se confirma o se pierde la contención.

SECCIÓN 2 — El laboratorio como sistema integrado

Enfoque principal:

Reubicar el laboratorio como un sistema compuesto por personas, reglas, decisiones y mantenimiento, donde la infraestructura es solo una parte.

Puntos clave:

- El laboratorio no es el edificio.
- Es un sistema compuesto por múltiples elementos interdependientes.
- Personas, procedimientos, decisiones y mantenimiento interactúan constantemente.
- La infraestructura no garantiza el comportamiento.
- La contención depende de la coherencia del sistema completo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde existe realmente el laboratorio: en el edificio o en el sistema?
- ¿Qué ocurre si uno de los elementos no está alineado?

Señal de orientación:

Define el cambio de marco de componente a sistema.

SECCIÓN 3 — Operación y mantenimiento como control del sistema

Enfoque principal:

Establecer que la operación y el mantenimiento no mantienen equipos, sino condiciones de contención.

Puntos clave:

- El objetivo no es que los equipos funcionen.
- Es que el sistema mantenga condiciones de contención.
- El comportamiento del sistema es la variable crítica.
- La operación implica control continuo.
- El mantenimiento modifica el comportamiento del sistema.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué se está manteniendo realmente?
- ¿Qué ocurre si el equipo funciona pero el sistema no contiene?

Señal de orientación:
Reformula el propósito de operación y mantenimiento.

SECCIÓN 4 — Interpretación del sistema vs valores medidos

Enfoque principal:
Diferenciar entre indicadores (como presión) y comportamiento real del sistema.

Puntos clave:

- La presión es un indicador indirecto.
- La contención depende de la dirección del flujo.
- El sistema puede cumplir setpoints y fallar.
- El BMS representa el sistema, no lo garantiza.
- La verificación requiere observación real.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué significa realmente un valor correcto?
- ¿Puede un sistema parecer estable y no contener?

Señal de orientación:
Introduce la necesidad de interpretar, no solo medir.

SECCIÓN 5 — Transitorios y condiciones dinámicas

Enfoque principal:
Explicar que la mayoría de las fallas ocurren en condiciones dinámicas, no en estado estable.

Puntos clave:

- El sistema no opera en condiciones ideales constantes.
- Puertas, carga térmica y uso generan perturbaciones.
- Los transitorios afectan la dirección del flujo.
- El sistema debe recuperarse rápidamente.
- La contención se compromete en esos intervalos.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde ocurren realmente las fallas?
- ¿Qué pasa durante una perturbación?

Señal de orientación:
Introduce la dinámica real del sistema.

SECCIÓN 6 — Verificación del sistema tras intervención

Enfoque principal:

Establecer que ninguna intervención está completa hasta verificar el comportamiento del sistema completo.

Puntos clave:

- El componente puede funcionar correctamente.
- El sistema puede no haber recuperado su equilibrio.
- La verificación debe ser funcional, no solo técnica.
- Se debe validar caudal, presión y flujo.
- La falta de verificación genera degradación silenciosa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo se considera terminada una intervención?
- ¿Qué ocurre si no se verifica el sistema completo?

Señal de orientación:

Introduce la verificación como requisito operativo.

SECCIÓN 7 — La capacitación como condición de contención

Enfoque principal:

Definir la capacitación como un componente estructural del sistema, no como actividad secundaria.

Puntos clave:

- La capacitación no es complementaria.
- Es parte del sistema de contención.
- La formación deficiente equivale a fallo operativo.
- El conocimiento debe alinearse con el sistema real.
- La capacitación define la capacidad de operar.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede existir contención sin capacitación adecuada?
- ¿Qué ocurre cuando el personal no entiende el sistema?

Señal de orientación:

Posiciona la capacitación como elemento crítico.

SECCIÓN 8 — Decisión bajo condiciones reales

Enfoque principal:

Explicar que los procedimientos no cubren todas las condiciones y que la operación requiere toma de decisiones.

Puntos clave:

- No existen procedimientos para todas las situaciones.
- El sistema opera bajo incertidumbre.
- El operador debe interpretar condiciones.
- Debe adaptar su comportamiento.
- La decisión sostiene la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando el procedimiento no aplica?
- ¿Cómo se decide bajo incertidumbre?

Señal de orientación:

Introduce la decisión como capacidad central.

SECCIÓN 9 — Factores humanos como variable del sistema

Enfoque principal:

Analizar el comportamiento humano como parte integral del sistema de contención.

Puntos clave:

- El comportamiento no es externo al sistema.
- La inexperiencia, complacencia y sobreconfianza generan riesgo.
- Las desviaciones se normalizan.
- El sistema puede degradarse sin percibirse.
- La contención depende del comportamiento.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo cambia el riesgo con la experiencia?
- ¿Qué tipo de operador representa mayor riesgo?

Señal de orientación:

Integra el factor humano al sistema técnico.

SECCIÓN 10 — Gobernanza y autoridad de decisión

Enfoque principal:

Definir la contención como resultado de decisiones organizacionales estructuradas.

Puntos clave:

- La contención no es solo técnica.
- Depende de quién decide.
- Se requiere claridad en roles.
- Deben existir criterios de detención.
- La ambigüedad debilita el sistema.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Quién decide en condiciones críticas?
- ¿Qué ocurre si nadie tiene autoridad clara?

Señal de orientación:

Introduce la gobernanza como estructura de control.

SECCIÓN 11 — Capacitación continua como sistema

Enfoque principal:

Establecer que la capacitación debe evolucionar con el sistema y no ser un evento puntual.

Puntos clave:

- El sistema cambia constantemente.
- La capacitación debe adaptarse a esos cambios.
- Debe incorporar eventos reales.
- Debe ser validada periódicamente.
- Mantiene la coherencia operativa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre si el sistema cambia y la capacitación no?
- ¿Se mantiene la capacidad operativa en el tiempo?

Señal de orientación:

Extiende la capacitación al ciclo de vida operativo.

SECCIÓN 12 — Operación como parte de un sistema mayor

Enfoque principal:

Introducir el laboratorio como parte de una red donde decisiones locales afectan el sistema global.

Puntos clave:

- El laboratorio no es una unidad aislada.
- Forma parte de una red institucional.
- Las decisiones locales impactan el sistema global.
- Existe interdependencia entre nodos.
- La capacidad depende de la coordinación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando un laboratorio falla dentro de una red?
- ¿Cómo se distribuye el riesgo entre nodos?

Señal de orientación:

Cierra la sesión ampliando el sistema a escala institucional.

Cómo utilizar este mapa de la clase

Al revisar la sesión:

- Identificar cómo la contención se sostiene en operación.
- Reconocer el laboratorio como sistema integrado.
- Entender la diferencia entre medición e interpretación.
- Evaluar el rol de la capacitación y la decisión.
- Analizar la gobernanza como estructura de control.