

Parámetro Técnico de Análisis Actual	Parámetro Técnico	Canal de Panamá (compuertas ampliación)	Canal del Dique (compuertas verticales planas)	Viabilidad estructural en Colombia (resultado técnico)	Recomendaciones para proyectos similares en Colombia	Parámetro Técnico A Considerar Para Diseños Colombianos	Nuevo Parámetro Técnico	Justificación Técnica	Aplicación en Colombia / Recomendación
	Tipología de compuerta	Compuertas correderas horizontales (sliding/pocket gates), sin bisagras, tipo cajón hueco flotante	Compuertas deslizantes verticales, tipo hoja plana, control hidráulico.	Técnica viable, simple, modular y ajustada al control de caudal y sedimentación en entornos fluviales; menor necesidad de infraestructura pesada.	Priorizar diseño vertical simple y escalonado para facilitar operación remota y mantenimiento en zonas rurales.		Análisis de cargas y esfuerzos	Evaluación de cargas permanentes, variables, hidrostáticas, sísmicas y de viento según normativa.	Incluir modelado estructural con software especializado (SAP2000, ETABS, MIDAS); considerar cargas sísmicas NSR-10.
	Altura máxima	Entre 23.5 y 33 m (según cámara, pico en nuevas esclusas neopanamax)	12.5m (compuertas de 20 × 12.5 m en diseño ANI).	Altura adecuada para regulación de niveles entre río y canal (máx. 8 m) sin sobredimensionar; cumple margen hidráulico y estructural.	Evitar estructuras sobredimensionadas; diseñar con base en niveles reales, considerando variabilidad hídrica y cambio climático.		Sistema de disipación de energía	Evita daños por sobrepresión hidráulica o impacto de caudales altos; mejora la durabilidad.	Diseñar cuencas disipadoras, deflectores o estructuras de amortiguación aguas abajo.
	Ancho útil / luz hidráulica	8–10m en compuertas individuales (58 m de longitud total)	20 m de luz por compuerta, tres compuertas paralelas (60 m total eficiente).	Diseño modular que permite controlar caudales hasta 900 m³/s, adaptarse a necesidades operativas y reducir riesgo estructural.	Diseñar compuertas múltiples ajustadas a caudales máximos; permitir operación escalonada para eficiencia hidráulica y menor tensión estructural.		Redundancia estructural	Asegura funcionamiento ante fallas parciales; mejora resiliencia operativa.	Incorporar elementos duplicados o alternativos en sistemas críticos (accionamiento, cierre, energía).
	Material estructural	Acero estructural (hasta 4200 T por compuerta), paneles montados desde Italia por Cimolai, con recubrimiento permanente	Acero ASTM A36 o equivalente local con galvanizado + pintura industrial.	A36 es viable si se asegura protección anticorrosiva y mantenimiento. En casos de mayor exposición, considerar ASTM A572 de alta resistencia.	Implementar recubrimientos de alta durabilidad; evaluar aceros de alta resistencia en zonas con corrosión intensa o cargas dinámicas frecuentes.		Accesibilidad y seguridad operativa	Facilita mantenimiento, inspección y operación segura en zonas rurales o de difícil acceso.	Diseñar pasarelas, barandas, puntos de anclaje, iluminación y señalización conforme a normas OSHA/NSR-10.
	Condición del terreno	Pilotes metálicos con losa de fundación sobre suelo mejorado (inyección y columnas de grava)	Zapata profunda + pilotes preexcavados combinados con geotextiles reforzados y sistemas disipadores.	Solución adecuada en suelos blancos de la región; requiere diseño geotécnico detallado y protección contra erosión y socavación aguas abajo.	Realizar estudio geotécnico exhaustivo por sitio, prever disipadores y geotextiles reforzados; diseñar cimentación dinámica con base en cargas reales.		Impacto ambiental estructural	Evalúa cómo la estructura afecta el entorno fluvial, sedimentación, hábitats y calidad del agua.	Incluir modelado de impacto ambiental; prever pasos de fauna, sistemas de recolección y control de sedimentos.

Parámetro Técnico de Análisis Actual	Parámetro Técnico	Canal de Panamá (compuertas ampliación)	Canal del Dique (compuertas verticales planas)	Viabilidad estructural en Colombia (resultado técnico)	Recomendaciones para proyectos similares en Colombia	Parámetro Técnico A Considerar Para Diseños Colombianos	Nuevo Parámetro Técnico	Justificación Técnica	Aplicación en Colombia / Recomendación
	Sistema de cierre	Compuertas ensambladas tipo cajón con aquaprene y sellos de presión integrada; diseño flotante reduce carga en guías	Junta tipo labio + presión por gravedad; sistema de retención pasiva.	Funcionamiento confiable con bajo mantenimiento; diseño sencillo y replicable.	Utilizar sellos tipo labio con presurización y monitoreo de estanqueidad; preferible para entornos con sedimentos o material flotante.		Modularidad y prefabricación	Reduce tiempos de obra, costos y riesgos; facilita transporte e instalación en zonas remotas.	Diseñar elementos prefabricados modulares; considerar ensamblaje in situ con mínima maquinaria pesada.
	Sistema de accionamiento	A través de cables enrollados en tambores, engranajes eléctricos robustos, redundancia operativa y guías en carritos rodantes	Cilindros hidráulicos de baja presión controlados automáticamente por SCADA.	Viable técnica y operativamente; requieren respaldo energético mínimo y protocolos de emergencia operativa.	Incorporar sistemas de respaldo eléctrico, SCADA y controles remotos; entrenar personal local para mantenimiento básico e intervención rápida.		Costos estructurales estimados	Permite evaluar viabilidad financiera y comparar alternativas.	Incluir análisis de costos por m² de compuerta, por tonelada de acero y por ciclo de vida.
	Protección anticorrosiva	Pintura epóxica marina + inspección periódica cada 5–10 años	Galvanizado + pintura industrial + recolección de residuos (macrófitas y basura flotante).	Adecuado con mantenimiento activo; fundamental en zonas tropicales con sedimentación.	Establecer rutinas semestrales de limpieza y monitoreo; incluir sistema de recolección automatizada de residuos y elementos flotantes como componente operativo.		Tiempo de ejecución estructural	Afecta planificación, logística y coordinación interinstitucional.	Estimar cronograma detallado de montaje, pruebas y puesta en marcha; considerar estacionalidad climática.
	Normativa de diseño aplicada	Diseño conforme a PIANC WG 173, AISC, ASCE 7-10 y normas ACP del Canal de Panamá	NSR-10, INVIAS, AISC y criterios adaptados de AASHTO; PIANC como guía técnica internacional.	La armonización normativa es factible; existe capacidad técnica para redactar apéndices que integren NSR-10 y PIANC/AASHTO.	Establecer apéndice técnico en documentos de diseño donde se especifique cómo se adaptan los criterios PIANC/AASHTO al NSR-10 e INVIAS; consultar con autoridades regulatorias.		Resiliencia ante eventos extremos	Evalúa comportamiento ante crecientes, terremotos, deslizamientos o vandalismo.	Diseñar con criterios de redundancia, refuerzo y monitoreo; prever protocolos de emergencia estructural.
	Ciclo de vida proyectado	≥100 años, diseñadas para 250,000 ciclos carga; mantenimiento mayor cada 10 años	≥75 años, diseñadas para operación continua con inspección y mantenimiento estructural cada 5 años.	Durabilidad adecuada si se implementan protocolos de mantenimiento estructural sistemático.	Integrar cronogramas de inspección y mantenimiento a 10, 25 y 50 años en el diseño; prever financiamiento para conservación a largo plazo.		Integración con sistemas hidráulicos	Evalúa compatibilidad con canales, esclusas, estaciones de bombeo y sistemas de control.	Diseñar interfaces estructurales con sistemas hidráulicos existentes; prever expansión futura.