

Validación y Optimización Estructural: Extensión de Dirección

Galo Aréchiga Gutiérrez

18 de febrero del 2025

Resumen:

Se evaluaron tres configuraciones para la nueva extensión del steering knuckle. Tras un análisis comparativo de FEA y manufacturabilidad, se seleccionó el diseño de 90mm como la solución final. A pesar de ser la opción más compacta, garantiza un FOS de 2.42, reduce la complejidad a una sola pieza sólida y minimiza el peso del ensamble, superando a la configuración inicial de 110mm V1.

Problemas y Objetivos:

Contexto: El brazo de dirección original se encontraba desprendido; se requería una extensión diseñada desde cero para recuperar la funcionalidad del sistema.

Objetivo: Determinar la geometría óptima que equilibre seguridad estructural ($FOS > 2.0$), bajo peso y facilidad de manufactura.

Criterios de selección:

Característica	110mm V1 (Prototipo Inicial) Figura 1	110mm V2 Figura 2	90mm (Diseño Final) Figura 3	Ventaja del Ganador
Complejidad	3 Piezas (Ensamble)	2 Piezas (Ensamble)	1 Pieza (Monolítica)	Menos puntos de falla
Peso (kg)	0.044	0.088	0.033	Mejora dinámica del vehículo

Esfuerzo Máximo	574.918	140.018	242.022	Dentro del límite elástico
Manufactura	Más puntos de soldadura	Más puntos de soldadura	Puntos de soldadura mínimos	Reducción de costos/tiempo

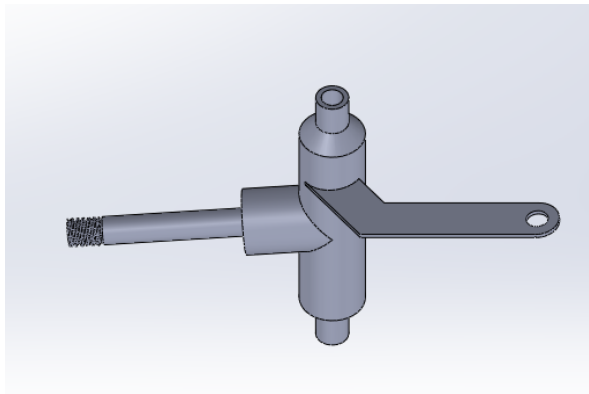


Figura 3 (90mm)

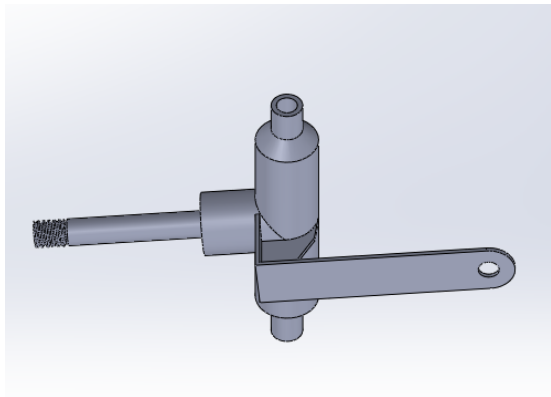


Figura 2 (110mm V2)

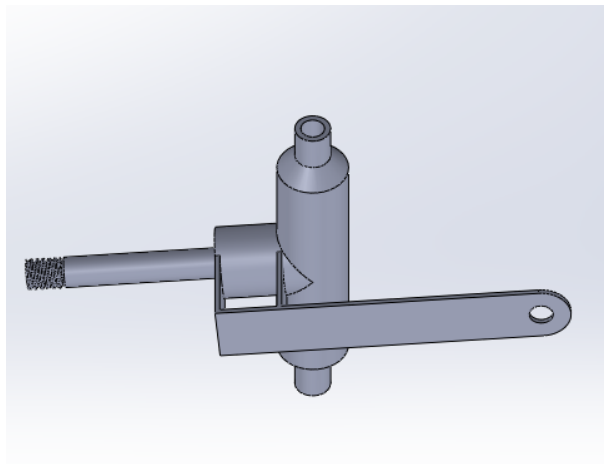


Figura 1(110mm V1)

Análisis de Resultados (FEA) (Post-processing Python):

Metodología del Análisis:

Software: SolidWorks Simulation (FEA) + Python (Post-procesamiento).

Material: Steel 9840 (585 MPa)

Criterio de Falla: Von Mises

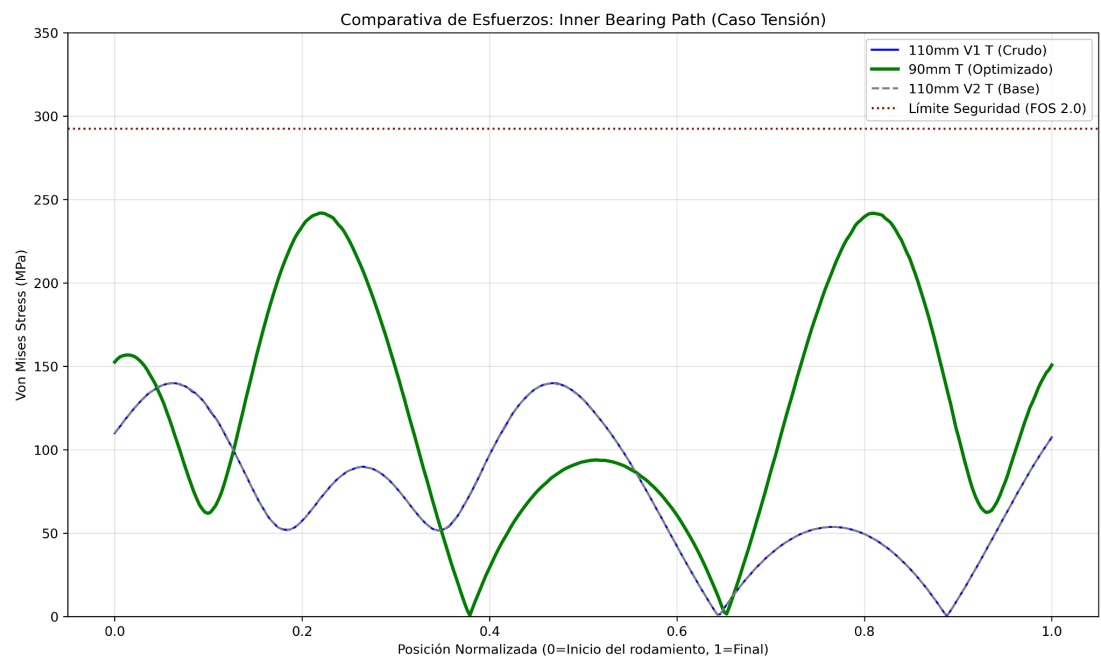
Definición de Casos de Carga (Worst-Case Scenario):

Para la validación por elementos finitos (FEA), se definió un escenario de carga crítica basado en el bloqueo de neumáticos durante un frenado dinámico máximo. Considerando una masa de 160 kg y una transferencia de carga al eje delantero del 70%, se determinó un torque de frenado de 104.7 N*m por rueda. Para la geometría seleccionada de 90 mm, esto se traduce en una fuerza axial de 1163 N (951 N, respectivamente para las otras dos configuraciones), la cual fue aplicada como condición de frontera en los análisis de tensión y compresión.

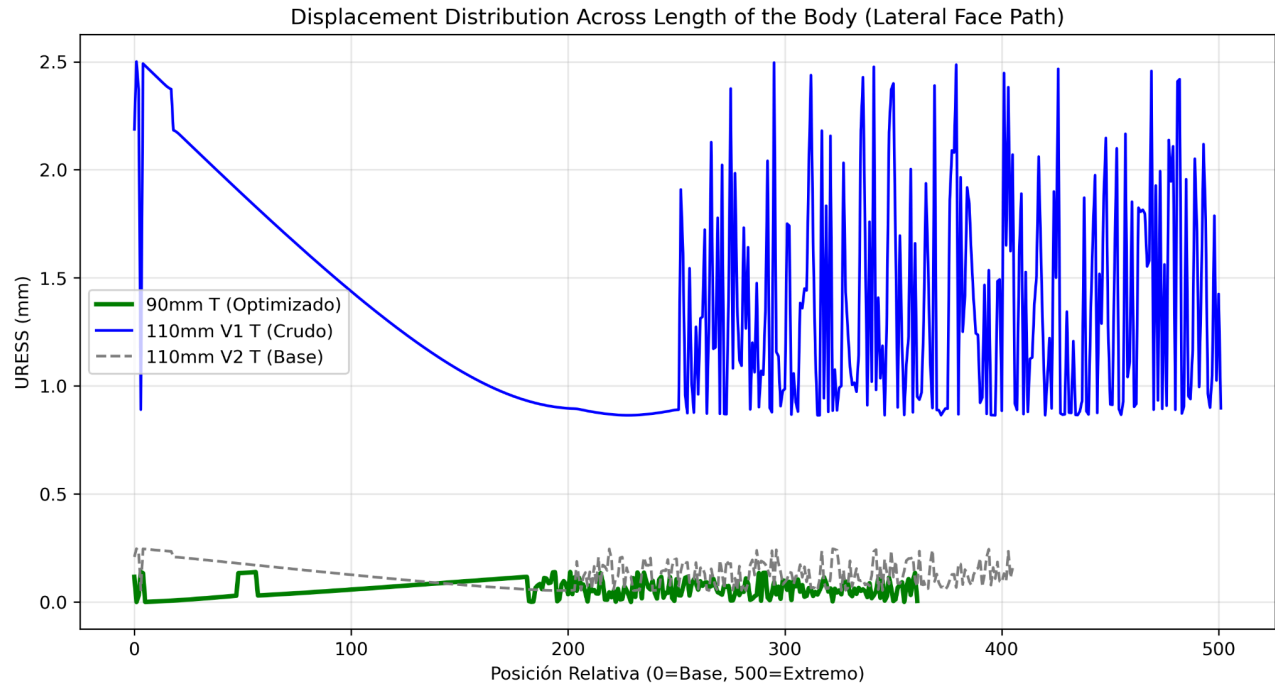
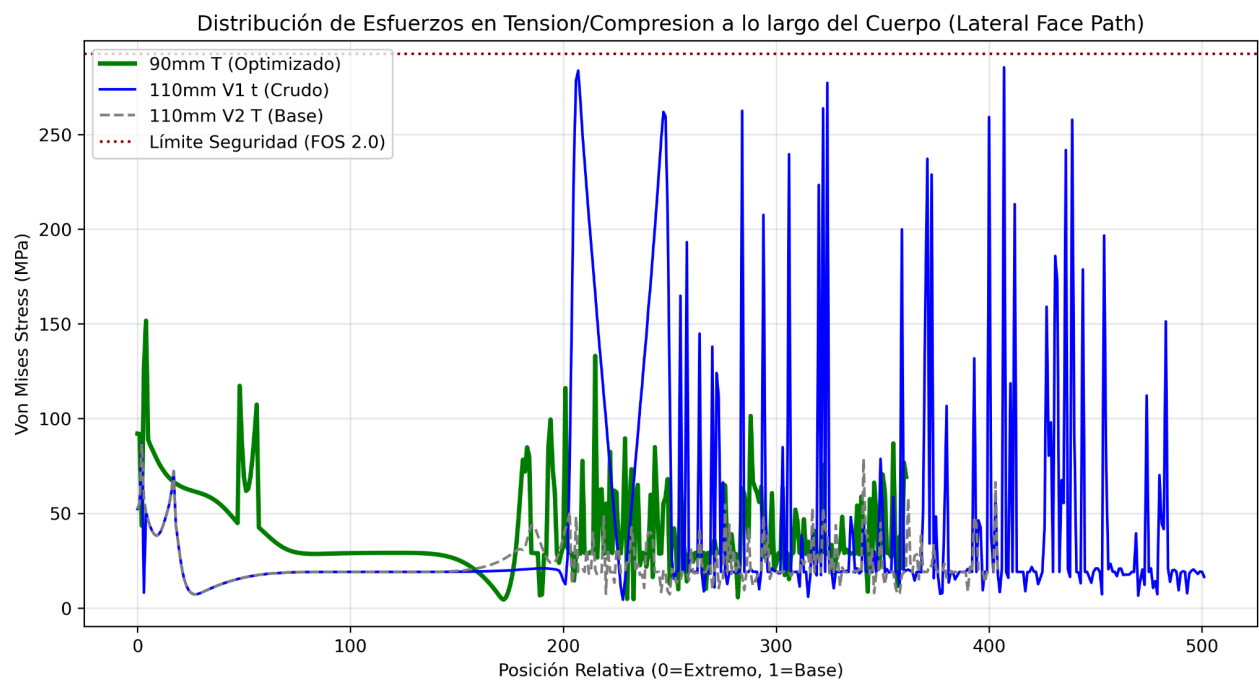
Matriz de Decisión Estructural:

	ID	Max_Stress_MPa	FOS_Min	Masa_kg	Eficiencia_FOS_kg	Status
0	90mm_T	242.022	2.42	0.033	73.333333	Passed
1	90mm_C	232.744	2.51	0.033	76.060606	Passed
2	110mmV1_T	574.918	1.02	0.088	11.590909	Failed
3	110mmV1_C	574.918	1.02	0.088	11.590909	Failed
4	110mmV2_T	140.018	4.18	0.064	65.312500	Passed
5	110mmV2_C	125.946	4.64	0.064	72.500000	Passed

Distribución de esfuerzos dentro del barreno (Inner Bearing)



Comportamiento global de la pieza Stress/Displacement (Longitudinal Path)



Cuantificación de mejora (110mm V1 vs. 90mm)

	Performance Metric	Modelo V1 (Base)	Modelo 90 (Optimized)	Improvement (%)
0	Max. Stress (MPa)	574.9180	242.022000	57.9%
1	Total Mass Reduction (kg)	0.0880	0.033000	62.5%
2	FOS min	1.0200	2.420000	137.3%
3	Displacement	2.5007	0.132545	94.7%

Conclusión

El diseño de 90mm se ratifica como la configuración óptima. Proporciona la rigidez necesaria para soportar las cargas de frenado de 1163 N minimizando el peso de la pieza. Su arquitectura de una sola pieza simplifica su manufactura y al necesitar menos puntos de soldadura aumenta la confiabilidad del sistema de dirección bajo condiciones de competencia.