

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA COMERCIAL
VALPARAÍSO - CHILE



EVOLUCIÓN DEL INGRESO DE LAS MUJERES A CARRERAS UNIVERSITARIAS:
CASO INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

Tesista: Christian Rony Madriaga Adasme

Director de Tesis: Darcy Elizardo Fuenzalida O'Shee

Profesor Correferente: Óscar Alberto Ascencio Alarcón

Memoria para optar al título de
INGENIERO COMERCIAL

Valparaíso, abril 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Evolución Del Ingreso de Las Mujeres a Carreras Universitarias: Caso Ingeniería Civil Industrial

Nombre del candidato(a): Christian Rony Madriaga Adasme

Carrera / Grado: Ingeniería Comercial

Campus: Casa Central Valparaiso ; Departamento: Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Darcy Elizardo Fuenzalida O'shee, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 18/03/2026 ; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 18/03/2026 ; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Título de la Tesis

EVOLUCIÓN DEL INGRESO DE LAS MUJERES A CARRERAS UNIVERSITARIAS:
CASO INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

Autor:

Christian Rony Madriaga Adasme

Trabajo de tesis, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Título de Ingeniero Comercial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

Darcy Elizardo Fuenzalida O'Shee
Director de Tesis.

Valparaíso, abril 2026

Agradecimientos

“Finalizando mi etapa, quiero agradecer principalmente a mi familia por haberme apoyado en todo este proceso, agradezco de todo corazón a mi madre Valesca Adasme Rojas por ser un pilar fundamental en mi vida y por estar siempre con la disposición de que me salga todo bien, agradezco también a mi hermana Julieta Madriaga Adasme por ser mi principal motivación para querer superarme. De todo corazón les agradezco todo lo que me han dado y enseñado, las amo.

Quiero agradecer también a mi familia más lejana que me recibió como un hijo más casi todos los fines de semana en San Antonio, aprovecho de agradecerle a mi tía Sonia Adasme Cornejo por haberse convertido en mi segunda madre en todo este proceso y por siempre haber estado preocupada de mí junto a mi tío Guillermo Vásquez Jiménez quien también se convirtió en un padre para mí, les agradezco por todo su apoyo y ayuda que me entregaron durante todo este proceso. Agradezco también a mis primos, Lucas Vásquez Adasme, Diego Vásquez Adasme y Max Vásquez Adasme por haberme facilitado el transporte para poder quedarme en la casa junto a ellos y por haberme facilitado mis viajes. A mi familia de San Antonio les agradezco todo el apoyo durante estos años. Muchísimas gracias.

Quiero agradecer también a toda mi familia que estuvo conmigo durante todo este proceso, a mi tía Andrea Adasme Rojas, a mi abuela Miriam Rojas Guzmán, a mi tío Andrus Rojas Rojas y a mis primas Belén López Adasme y Emilia López Adasme, muchas gracias por haber estado conmigo en todo este proceso, su apoyo fue fundamental. Agradezco a mi abuelo Ramón Adasme Cornejo por haberme aconsejado y haberme apoyado en diversas ocasiones, infinitas gracias para toda mi familia y para todas las personas que me ayudaron en este proceso amigos, familiares y conocidos, siempre los tendré en mi corazón y estaré siempre agradecido.

Quiero agradecerle también a mi profesor guía, el señor Darcy Fuenzalida O'Shee por haberme ayudado a poder sacar adelante este trabajo, agradezco de todo corazón todas las correcciones, respuestas a consultas y comentarios efectuados durante este proceso, gracias por habernos enseñado y guiado tanto en este proceso. Agradezco también que nos haya dado las ganas y las fuerzas para elaborar este trabajo como profesionales, ese impulso y sus palabras de aliento permitieron que este y otros trabajos salieran adelante. Muchas gracias, profesor.

Bueno y finalizando ya esta sección, le agradezco a la universidad, a la vida y a cada uno de sus profesores por haberme enseñado tanto durante todo este proceso. La universidad no sólo me entregó conocimientos, me entregó amigos que me llevó en mi camino y que también les agradezco por haber estado ahí, muchísimas gracias, Víctor Diaz Suarez y Luciano Santibáñez Sandoval por haber sido mis partners durante toda la carrera, nos llevamos risas, recuerdos y una amistad que perdurará toda la vida, muchas gracias, Universidad Técnica Federico Santa María ”

Declaración de responsabilidad y auditoría

Yo, Christian Rony Madriaga Adasme, estudiante de la carrera de Ingeniería Comercial de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), declaro formalmente:

1. Que la presente memoria de título, titulada “Evolución del ingreso de la mujer a carreras universitarias caso Ingeniería Civil Industrial” es un trabajo de investigación original.
2. Que asumo la total responsabilidad por el contenido, las ideas, los datos y las conclusiones presentadas en este documento, las cuales reflejan mi esfuerzo personal y mi interpretación de la investigación realizada.
3. Que todas las fuentes de información, incluyendo ideas, textos, figuras y datos de terceros, han sido debidamente identificadas, citadas y referenciadas en el cuerpo del texto y en la bibliografía, de acuerdo con el formato de las Normas APA, séptima edición.
4. Que el presente trabajo cumple con los estándares de integridad académica y ética profesional, asegurando que no existe ningún tipo de plagio ni fabricación de datos.
5. Que el material aquí contenido no ha sido presentado previamente, ni en su totalidad ni en parte, para la obtención de otro grado académico o título profesional.

En fe de lo anterior, firmo la presente declaración.

Christian Rony Madriaga Adasme

Valparaíso, abril 2026.

Resumen

Este trabajo examina los determinantes estructurales del ingreso de mujeres a Ingeniería Civil Industrial en Chile durante 2005-2024. Se analiza la asociación entre factores macroeconómicos, políticas públicas y eventos sociopolíticos con la evolución de la participación femenina en esta disciplina STEM tradicionalmente masculinizada.

Se emplea un diseño cuantitativo longitudinal mediante análisis econométrico de series temporales con datos agregados a nivel nacional. El modelo incorpora variables de inversión pública en investigación y desarrollo, gasto en educación y tendencias temporales, estimando sus asociaciones con la matrícula femenina mediante regresión lineal múltiple con correcciones robustas apropiadas.

Los resultados indican que la inversión en investigación y desarrollo presenta la asociación estadística más robusta con la matrícula femenina, seguida por la inversión pública en educación. Ambas variables muestran relaciones positivas y estadísticamente significativas, y explican conjuntamente una proporción sustancial de la variabilidad observada. Un análisis alternativo confirma diferencias temporales significativas entre 2005-2017 y 2018-2024, consistentes con cambios institucionales y culturales asociados al movimiento estudiantil feminista.

La participación femenina aumentó de 23,4% en 2005 a 28,9% en 2024, pero la paridad permanece distante. Las proyecciones sugieren que bajo tendencias actuales se alcanzaría hacia 2037, mientras que políticas activas de incremento en inversión pública podrían acelerar este proceso. El estudio contribuye evidencia cuantitativa sobre la asociación entre políticas estructurales y equidad de género en educación superior técnica, sugiriendo que la equidad requiere estrategias integrales que combinen inversión económica con transformaciones institucionales.

Como limitaciones, el trabajo se circunscribe a una carrera específica en chileno, el tamaño muestral restringe especificaciones complejas, y el diseño observacional limita inferencias causales definitivas.

Palabras clave: Equidad de género, educación STEM, Ingeniería Civil Industrial, inversión en I+D, política educativa, Chile, matrícula femenina, brecha de género, análisis longitudinal.

Abstract

This study examines the structural determinants of women's enrollment in Industrial Engineering in Chile during 2005-2024. The research analyzes the association between macroeconomic factors, public policies, and sociopolitical events with the evolution of female participation in this traditionally male-dominated STEM discipline.

A quantitative longitudinal design is employed, using econometric time-series analysis with aggregated national data. The model incorporates variables of public investment in research and development, education expenditure, and temporal trends, estimating their associations with female enrollment through multiple linear regression with appropriate robust corrections.

Results indicate that investment in research and development has the strongest statistical association with female enrollment, followed by public investment in education. Both variables show positive and statistically significant relationships, together explaining a substantial proportion of observed variability. An alternative specification confirms significant temporal differences between 2005-2017 and 2018-2024, consistent with institutional and cultural changes associated with the 2018 feminist student movement.

Female participation increased from 23.4% in 2005 to 28.9% in 2024, yet gender parity remains distant. Projections suggest that under current trends, parity would be achieved around 2037, while active policies increasing public investment could accelerate this process. The study contributes quantitative evidence on the association between structural policies and gender equity in technical higher education, suggesting that equity requires comprehensive strategies combining economic investment with institutional transformations.

Main limitations include focus on a specific program in the Chilean context, sample size restrictions for complex specifications, and observational design constraints for definitive causal inference.

Keywords: Gender equity, STEM education, Industrial Engineering, R&D investment, educational policy, Chile, female enrollment, gender gap, longitudinal analysis.

Tabla de Contenidos

Índice de tablas	18
Índice de gráficos	19
Índice de figuras.....	20
Índice de anexos.....	21
Capítulo 1: Introducción	22
1.1 Contexto General	22
1.2 Planteamiento Del Problema y Relevancia.....	23
1.3 Preguntas de Investigación	24
1.3.1 Pregunta Principal.....	24
1.3.2 Preguntas Específicas.....	24
1.4 Objetivos	25
1.4.1 Objetivo General.....	25
1.4.2 Objetivos Específicos.....	25
1.5 Hipótesis de Investigación	26
1.5.1 Hipótesis 1 (H1): Inversión en Ciencia y Tecnología.....	26
1.5.2 Hipótesis 2 (H2): Inversión en Educación Pública	26
1.5.3 Hipótesis 3 (H3): Efecto Movimiento Feminista.....	27
1.6 Justificación	27
1.6.1 Relevancia Social y Equidad de Género	27
1.6.2 Pertinencia Económica y Competitividad Nacional.	28
1.6.3 Aporte Científico y Generación de Conocimiento.....	29
1.7 Alcances y delimitaciones del estudio	30

	12
1.7.1 Alcance Temporal.....	30
1.7.2 Alcance Geográfico	30
1.7.3 Alcance Disciplinario.....	31
1.7.4 Alcance Metodológico	31
1.7.5 Unidad de Análisis	31
1.8 Estructura Del Documento.....	31
1.9 Contribución Esperada Del Estudio.....	33
Capítulo 2: Marco Teórico.....	35
2.1 Fundamentos Teóricos	35
2.1.1 Teoría Del Capital Humano y Decisiones Educativas	35
2.1.2 Reproducción Social y Habitus de Género	36
2.1.3 Interseccionalidad y Desigualdades Múltiples.....	37
2.1.4 Teoría de Señales y Políticas Públicas.....	37
2.1.5 Fallas de Mercado y Justificación de Intervención Estatal.....	38
2.2 Revisión de la Literatura.....	39
2.2.1 Brechas de Género en el Acceso a Carreras STEM.....	39
2.2.2 Factores Que Influyen en la Decisión Vocacional.....	41
2.3 Variables de Contextualización	42
2.3.1 Matrícula Femenina en Educación Secundaria.....	43
2.3.2 Tasa de Participación Femenina en la Fuerza Laboral	45
2.3.3 Índice de Desarrollo Humano (IDH)	46
2.3.4 Tasa de Natalidad.....	48
2.3.5 Marco Regulatorio Contra el Acoso Sexual (Ley 21.369)	49

2.3.6	Retención Femenina en Carreras Tecnológicas	52
2.4	Variables Aplicativas del Modelo Econométrico	54
2.4.1	Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D).....	54
2.4.2	Gasto Público en Educación (% del gasto del gobierno).....	56
2.5	Contexto Social General	57
2.5.1	Políticas Públicas y Programas de Equidad	57
2.5.2	Evolución Institucional y Casos Destacados	59
2.5.3	Desempeño Académico y Trayectorias Profesionales	60
2.5.4	Experiencias Académicas y Cultura Institucional	61
2.6	Síntesis Del Marco Teórico	62
2.6.1	Conclusión	64
Capítulo 3: Metodología		67
3.1	Tipo y Diseño Del Trabajo	67
3.1.1	Diseño Del Trabajo.....	68
3.1.2	Población y Muestra	69
3.1.3	Fuentes de Información y Recolección de Datos.....	70
3.2	Variables y Operacionalización	73
3.2.1	Justificación de Las Variables Incorporadas.....	74
3.2.2	Variables Excluidas Del Modelo Final.....	77
3.2.3	Técnicas de análisis de datos	78
3.3	Modelo Econométrico.....	80
3.3.1	Modelo Econométrico Final	81
3.3.2	Modelo Econométrico Alternativo	82

		14
3.4	Procedimiento Analítico	84
3.4.1	Multicolinealidad (Factor de Inflación de Varianza - VIF)	84
3.4.2	Normalidad de Los Residuos (Prueba de Shapiro-Wilk).....	86
3.4.3	Homocedasticidad (Prueba de Breusch-Pagan)	87
3.4.4	Autocorrelación (Estadístico de Durbin-Watson).....	88
3.5	Software y Herramientas.....	89
3.6	Limitaciones Metodológicas	89
3.6.1	Limitaciones Del Tamaño Muestral.....	90
3.6.2	Limitaciones de Variables Omitidas.....	90
3.6.3	Limitaciones de Rezagos Temporales	91
3.6.4	Limitaciones de Agregación	91
3.6.5	Consideraciones Sobre Interpretación Causal	91
3.7	Conclusión Metodológica	92
Capítulo 4: Descripción de la Data		94
4.1	Fuentes de Información.....	94
4.2	Procesamiento de Datos	95
4.3	Descripción de Las Variables	95
4.3.1	Variable Dependiente: Matrícula Femenina en Ingeniería Civil Industrial	
	96	
4.3.2	Análisis Comparativo y Correlacional.....	98
4.4	Estadísticas Descriptivas y Visualización.....	99
4.4.1	Interpretación de Las Correlaciones Observadas.....	99
4.4.2	Advertencia Sobre Multicolinealidad	100

4.4.3	Análisis de Puntos de Inflexión Históricos.....	101
4.5	Observaciones Analíticas.....	103
4.6	Limitaciones y Sesgos Del Análisis.....	105
Capítulo 5: Resultados y Discusión		107
5.1	Resultados Descriptivos.....	107
5.1.1	Hipótesis Contrastadas.....	107
5.1.2	Estructura Del Capítulo.....	108
5.2	Estimación Del Modelo Principal.....	109
5.2.1	Proceso de Selección de Variables	109
5.2.2	Especificación Del Modelo Principal Estimado	109
5.2.3	Métricas de Ajuste Del Modelo Principal.....	110
5.3	Interpretación Económica de Coeficientes Del Modelo Principal.....	112
5.3.1	Gasto en Investigación y Desarrollo (Gasto_Id).....	112
5.3.2	Gasto Público en Educación (Gasto_Educ)	113
5.3.3	Análisis de Robustez: Especificación Con Variable Dummy Post-2018	115
5.3.4	Interpretación Del Coeficiente de la Variable Dummy	117
5.3.5	Comparación Entre Especificaciones	118
5.4	Pruebas de Robustez y Sensibilidad Del Modelo Principal.....	122
5.4.1	Multicolinealidad (Factor de Inflación de Varianza - VIF).....	122
5.4.2	Normalidad de Los Residuos	123
5.4.3	Homocedasticidad.....	125
5.4.4	Autocorrelación.....	126
5.5	Discusión de Resultados e Implicancias	129

5.5.1	Hallazgos Cuantificados Principales:	129
5.5.2	Consistencia Con Literatura y Marco Teórico	130
5.5.3	Implicancias Para Política Pública Basada en Evidencia	133
5.6	Interpretación de Los Resultados e Integración Con Hallazgos Previos	137
Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones		143
6.1	Síntesis General Del Trabajo	143
6.2	Principales Conclusiones	145
6.2.1	Contraste de Hipótesis	149
6.3	Contribución Del Estudio	149
6.3.1	Contribución Empírica.....	150
6.3.2	Contribución Metodológica	151
6.3.3	Contribución de Información Para Política Pública.....	152
6.4	Limitaciones Del Estudio y Futuras Líneas de Trabajo.....	154
6.4.1	Tamaño Muestral y Potencia Estadística	154
6.4.2	Limitaciones Específicas	154
6.4.3	Futuras Líneas de Trabajo.....	155
6.5	Recomendaciones Para Consideración de Política Pública	156
6.5.1	Consideraciones Estratégicas de Largo Plazo (2025-2040).....	156
6.5.2	Consideraciones Tácticas de Mediano Plazo (2025-2028).....	160
6.5.3	Consideraciones de Implementación Inmediata (2025-2026)	162
6.5.4	Consideraciones Sobre Financiamiento	163
6.5.5	Advertencias Importantes Sobre Estas Consideraciones	165
6.6	Recomendaciones Para Trabajo Futuro	166

6.7	Síntesis Integradora.....	176
6.7.1	Contribución Específica de Este Trabajo.....	180
6.7.2	Limitaciones Fundamentales	182
6.7.3	Énfasis en la Interpretación Apropriada.....	183
6.7.4	Integración Con Otros Tipos de Evidencia.....	185
6.7.5	Reflexión Sobre Alcances Del Conocimiento Cuantitativo.....	187
6.7.6	Posicionamiento Sobre Uso Apropriado de Resultados.....	190
6.8	Conclusión	193
	Referencias.....	196
	Anexos	205
	Anexo A Código de estimación y diagnóstico (Python).....	205
	Anexo B Pruebas de diagnóstico del modelo econométrico.....	206
	B.1 Salida de Regresión OLS (Modelo Final).....	206
	B.2 Prueba de Breusch-Pagan:.....	207
	Anexo C Pruebas de diagnóstico del modelo con variable post_feminismo_2018	208
	Anexo D Análisis de multicolinealidad y variables descartadas	209

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción Operacional de Variables	73
Tabla 2 Correlaciones Entre Variables y Matrícula Femenina (2005–2024)	99
Tabla 3 Métricas de Ajuste Del Modelo Principal.....	110
Tabla 4 Coeficientes Estimados Del Modelo Principal	111
Tabla 5 Coeficientes Estimados Del Modelo Dummy Post-2018	116
Tabla 6 Comparación de Especificaciones Alternativas.....	118
Tabla 7 Factor de Inflación de Varianza (VIF)-Multicolinealidad.....	123
Tabla 8 Cumplimiento de Supuestos Econométricos – Modelo Principal	128
Tabla 9 Contraste de Hipótesis y Evidencia Empírica – Modelo Dummy Post-2018....	129

Índice de gráficos

Gráfico 1 Tasa de matrícula femenina en educación secundaria (2005–2024)	44
Gráfico 2 Evolución de la Participación Femenina en la Fuerza Laboral (2005–2024)..	45
Gráfico 3 Evolución Del IDH en Chile (2005-2024).....	47
Gráfico 4 Tasa de Natalidad (2005–2024).....	48
Gráfico 5 Evolución de Retención Femenina en Carreras Tecnológicas (2005–2024)...	52
Gráfico 6 Gasto en I+D como porcentaje del PIB (2005–2024)	55
Gráfico 7 Gasto Público en Educación (2005–2024)	56
Gráfico 8 Matrícula Femenina en Ingeniería Civil Industrial (2005-2024).....	96

Índice de figuras

Figura 1 Q-Q Plot de Normalidad de Residuos Modelo Final (2005-2024).....	124
---	-----

Índice de anexos

Anexo A Código de estimación y diagnóstico (Python).....	205
Anexo B Pruebas de diagnóstico del modelo econométrico.....	206
Anexo C Pruebas de diagnóstico del modelo con variable post_feminismo_2018	208
Anexo D Análisis de multicolinealidad y variables descartadas	209

Capítulo 1: Introducción

1.1 Contexto General

La participación de las mujeres en carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) ha sido históricamente baja a nivel mundial, un fenómeno que se replica con claridad en el contexto chileno. Específicamente, la carrera de Ingeniería Civil Industrial presenta una composición demográfica predominantemente masculina, situación que se vincula directamente a patrones persistentes de segregación ocupacional. Si bien los datos del Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025) muestran que la participación femenina en la matrícula de primer año varió del 23,4% en 2005 al 28,9% en 2024, el ritmo de este avance sugiere la presencia de barreras que trascienden la simple evolución temporal.

La literatura especializada establece que la persistencia de esta disparidad no puede atribuirse únicamente a diferencias en capacidades académicas o a preferencias vocacionales individuales (UNESCO, 2023; OCDE, 2014). Por el contrario, investigaciones como las de Ogaz Rueda (2020) y Martínez-Galaz et al. (2022) documentan que la subrepresentación femenina en ingeniería es el resultado de una interacción compleja entre factores culturales, estructurales e institucionales. Estos incluyen desde estereotipos de género que asocian las disciplinas técnicas con atributos masculinos, hasta ambientes académicos masculinizados y la ausencia de referentes femeninos en posiciones de liderazgo.

En este escenario, es relevante considerar que Chile ha experimentado transformaciones sociales e institucionales profundas en las últimas dos décadas. Hitos como la expansión del sistema de educación superior, la implementación de la política de gratuidad en 2016, las movilizaciones sociales feministas de 2018 y la promulgación de la Ley 21.369 en 2021, configuran un nuevo entorno para la educación superior. Simultáneamente, variables

macroeconómicas clave, como el gasto nacional en investigación y desarrollo (I+D) y la inversión pública en educación, han fluctuado significativamente durante el período 2005-2024.

La interacción entre estos factores macroestructurales y las decisiones educativas de las mujeres constituye un campo de estudio crucial. Comprender rigurosamente cómo estos contextos diferenciados facilitan u obstaculizan el ingreso femenino a carreras técnicas resulta fundamental para trascender el diagnóstico descriptivo y avanzar hacia el diseño de políticas públicas efectivas, orientadas a cerrar la brecha de género en la educación superior técnica.

1.2 Planteamiento Del Problema y Relevancia

La ingeniería es una de las profesiones mejor remuneradas en Chile, con salarios iniciales que superan en 30–40% el promedio de otras carreras (Subsecretaría de Educación Superior, 2025). La exclusión sistemática de mujeres de estos espacios no solo vulnera principios de justicia social, sino que constituye un mecanismo de reproducción de desigualdades económicas intergeneracionales.

Desde la perspectiva del desarrollo económico, la subutilización del talento femenino en áreas técnicas representa una pérdida significativa de capital humano avanzado. Diversos estudios internacionales demuestran que la diversidad de género en equipos de ingeniería mejora la calidad de las soluciones técnicas, amplía las perspectivas de diseño y fortalece la capacidad de innovación de las organizaciones (UNESCO, 2023; OCDE, 2014). En un contexto de creciente demanda de profesionales STEM y de transformación digital de la economía, la incorporación efectiva de las mujeres a la ingeniería constituye un imperativo estratégico para la competitividad nacional.

El presente estudio busca desarrollar un análisis econométrico riguroso de series temporales que abarcan dos décadas (2005-2024), identificando y cuantificando los determinantes estructurales que explican la evolución del ingreso de las mujeres a Ingeniería Civil Industrial. El

trabajo proporciona estimaciones cuantitativas de los efectos marginales de la inversión pública en ciencia y educación sobre el acceso femenino, estableciendo bases para el diseño de políticas públicas orientadas a acelerar el cierre de la brecha de género.

1.3 Preguntas de Investigación

1.3.1 Pregunta Principal

¿En qué medida y con qué magnitud el gasto nacional en investigación y desarrollo, el gasto público en educación y la tendencia lineal temporal explican la evolución del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024?

1.3.2 Preguntas Específicas

¿Cuál es el efecto marginal de un incremento de un punto porcentual en el gasto en I+D como proporción del PIB sobre el número de mujeres matriculadas anualmente en Ingeniería Civil Industrial, manteniendo constantes otros factores?

¿Cuál es el efecto marginal del gasto público en educación como porcentaje del PIB sobre la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, controlando por inversión científica y tendencias temporales?

¿Cuál de los factores estructurales analizados (inversión en I+D e inversión en educación) presenta la mayor capacidad explicativa y robustez estadística como determinante del acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial?

¿El movimiento estudiantil feminista de mayo 2018 generó un cambio estructural discreto en la matrícula femenina, independiente de tendencias culturales graduales preexistentes?

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

Identificar los factores macroestructurales que explican la evolución del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024, mediante análisis econométrico de series temporales que permita identificar la magnitud y significancia estadística de variables económicas, educativas e institucionales sobre la matrícula femenina.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

1. Caracterizar la evolución temporal de la participación femenina en Ingeniería Civil Industrial en Chile entre 2005 y 2024, identificando tendencias, tasas de crecimiento y puntos de inflexión históricos asociados a cambios institucionales o de política pública.
2. Analizar la relación entre inversión en ciencia y tecnología (gasto en I+D como porcentaje del PIB) y la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, cuantificando el efecto marginal de incrementos en la inversión científica sobre el acceso educativo de las mujeres.
3. Evaluar el efecto del gasto público en educación sobre la participación femenina en Ingeniería Civil Industrial, considerando mecanismos de reducción de barreras económicas, mejora de preparación académica y ampliación de cobertura.
4. Identificar la existencia de tendencias culturales de largo plazo independientes de variables estructurales medibles, que reflejen transformaciones graduales en estereotipos de género asociados a carreras técnicas.
5. Estimar un modelo econométrico que explique la variación de la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial durante 2005-2024, incorporando variables de inversión pública y tendencias temporales con especificación apropiada para datos de series temporales.

6. Cuantificar escenarios de política pública basados en los coeficientes estimados, proyectando el impacto potencial de incrementos específicos en inversión en I+D y educación sobre la matrícula femenina futura.
7. Contrastar empíricamente las hipótesis teóricas derivadas de la literatura sobre determinantes del acceso femenino a carreras STEM, evaluando la consistencia de los hallazgos con evidencia internacional.
8. Formular recomendaciones de política pública basadas en evidencia para acelerar el cierre de la brecha de género en Ingeniería Civil Industrial, priorizando instrumentos con efectividad demostrada empíricamente.

1.5 Hipótesis de Investigación

Con base en la revisión de literatura internacional y nacional sobre determinantes del acceso femenino a carreras STEM, y fundamentadas en teorías económicas del capital humano, teorías sociológicas sobre reproducción de desigualdades de género, y evidencia empírica previa, se establecen las siguientes hipótesis que serán contrastadas empíricamente mediante el modelo econométrico:

1.5.1 Hipótesis 1 (H1): Inversión en Ciencia y Tecnología

El gasto nacional en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB presenta una relación positiva y estadísticamente significativa con la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial. Un incremento en la inversión científica se asocia con mayor acceso femenino a la carrera.

1.5.2 Hipótesis 2 (H2): Inversión en Educación Pública

El gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno presenta una relación positiva y estadísticamente significativa con la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial.

Un incremento en la inversión educativa se asocia con mayor acceso femenino, operando mediante la reducción de barreras económicas de acceso (becas, gratuidad, créditos subsidiados) y el fortalecimiento de la preparación académica en educación secundaria.

1.5.3 Hipótesis 3 (H3): Efecto Movimiento Feminista

El movimiento estudiantil feminista de mayo 2018 generó un cambio estructural positivo en la matrícula femenina, independiente de tendencias culturales graduales preexistentes, operando mediante visibilización de problemáticas de género, implementación acelerada de protocolos institucionales, y transformación de percepciones sociales.

Estas hipótesis se contrastarán empíricamente mediante un modelo de regresión lineal múltiple que estima los efectos parciales (*ceteris paribus*) de cada variable independiente sobre la matrícula femenina, controlando simultáneamente por los demás factores. La significancia estadística de los coeficientes estimados (*p*-valores), sus signos (positivos o negativos), y sus magnitudes cuantificadas proporcionarán evidencia empírica para aceptar o rechazar cada hipótesis.

1.6 Justificación

El trabajo se justifica desde tres dimensiones fundamentales que convergen en la necesidad de comprender los determinantes estructurales que explican la persistente subrepresentación de las mujeres en Ingeniería Civil Industrial en Chile: relevancia social, pertinencia económica y aporte científico.

1.6.1 Relevancia Social y Equidad de Género

La segregación ocupacional por género en carreras universitarias constituye una manifestación persistente de desigualdad estructural. En Chile, la participación femenina en Ingeniería Civil Industrial se ha mantenido históricamente por debajo del 30%, evidenciando

barreras que trascienden las capacidades académicas individuales y responden a factores culturales, institucionales y económicos profundamente arraigados (Martínez-Galaz et al., 2022; Ogaz Rueda, 2020).

Esta situación vulnera principios fundamentales de justicia social y equidad de oportunidades consagrados en la Constitución Política de la República y en tratados internacionales suscritos por Chile, incluyendo la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, particularmente el ODS 5 (Igualdad de Género) y el ODS 4 (Educación de Calidad).

La exclusión sistemática de las mujeres de espacios de formación técnica avanzada no solo limita sus trayectorias profesionales individuales, sino que perpetúa ciclos intergeneracionales de desigualdad económica. Según datos de la Subsecretaría de Educación Superior (2025), las carreras de ingeniería presentan salarios iniciales entre 30% y 40% superiores al promedio nacional de profesionales universitarios. La subrepresentación femenina en estas carreras se traduce en brechas salariales y patrimoniales acumulativas que afectan no solo a las mujeres directamente excluidas, sino también a sus familias y comunidades.

1.6.2 Pertinencia Económica y Competitividad Nacional.

Desde una perspectiva económica, la subutilización del talento femenino en áreas de alta demanda tecnológica representa una ineficiencia asignativa significativa que compromete la capacidad de innovación y la competitividad internacional de Chile. El país enfrenta desafíos estructurales de productividad y diversificación productiva que requieren imperiosamente incrementar la disponibilidad de capital humano avanzado en áreas científicas y tecnológicas.

Según el Banco Mundial (2025), Chile destina apenas 0,36% de su PIB a investigación y desarrollo, muy por debajo del promedio OCDE (2,7%). Esta baja intensidad científica se traduce en déficits estructurales de personal altamente calificado en sectores estratégicos como minería avanzada, energías renovables, industria 4.0 y desarrollo de software. En este contexto, excluir sistemáticamente a la mitad de la población potencialmente talentosa de carreras técnicas puede generar ineficiencias asignativas desde la perspectiva del bienestar social (McKinsey Global Institute, 2015; UNESCO, 2023).

La evidencia empírica internacional documenta consistentemente que la diversidad de género en equipos de ingeniería mejora la calidad de las soluciones técnicas, amplía las perspectivas de diseño, fortalece la capacidad de innovación y genera productos y servicios más inclusivos (UNESCO, 2023; OCDE, 2014). Un estudio de McKinsey Global Institute (2015) estimó que cerrar completamente las brechas de género en participación económica podría incrementar el PIB global en hasta 28 billones de dólares hacia 2025.

1.6.3 Aporte Científico y Generación de Conocimiento

El tercer eje de justificación se refiere a la contribución específica que este trabajo realiza al campo del conocimiento científico sobre equidad de género en educación superior en Chile. La revisión exhaustiva de literatura nacional evidencia que, si bien existen múltiples estudios cualitativos sobre experiencias de mujeres en ingeniería (Martínez-Galaz et al., 2022; Ogaz Rueda, 2020) y análisis descriptivos de evolución de matrícula (Meruane et al., 2023), no existe evidencia econométrica longitudinal que cuantifique la magnitud de los efectos de variables macroestructurales sobre la matrícula femenina en ingeniería.

Esta ausencia es particularmente crítica para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. Sin estimaciones cuantitativas de asociaciones entre diferentes variables

estructurales y matrícula femenina, los tomadores de decisiones carecen de criterios objetivos para priorizar asignaciones presupuestarias entre instrumentos alternativos de política.

El trabajo presenta un análisis econométrico de series temporales con control simultáneo de múltiples factores estructurales (inversión científica, inversión educativa, tendencias culturales) aplicado al caso específico de Ingeniería Civil Industrial en Chile. La metodología desarrollada establece un protocolo documentado para investigaciones futuras sobre otras carreras STEM, otros niveles educativos, o contextos nacionales comparables en América Latina.

1.7 Alcances y delimitaciones del estudio

1.7.1 Alcance Temporal

El trabajo abarca el período 2005-2024, equivalente a veinte años de observaciones anuales. Este horizonte temporal, seleccionado por la disponibilidad de datos desde bases oficiales como el Banco Mundial y Consejo Nacional de Educación, permite capturar tendencias estructurales de largo plazo, evaluar efectos de cambios en políticas públicas implementadas durante el período (gratuidad universitaria 2016, Ley 21.369 sobre acoso sexual 2021, programa +MC 2024), e identificar puntos de inflexión asociados a eventos sociales relevantes (movimiento feminista 2018).

1.7.2 Alcance Geográfico

El estudio se circunscribe al territorio nacional de Chile, utilizando datos agregados a nivel país. No se realizan comparaciones internacionales sistemáticas, en relación con evidencia de países latinoamericanos y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

1.7.3 Alcance Disciplinario

El análisis se focaliza específicamente en la carrera de Ingeniería Civil Industrial, no en el conjunto de carreras STEM o de ingenierías en general. Esta delimitación obedece a que Ingeniería Civil Industrial presenta características particulares (componente de gestión, alta selectividad, diversificación de trayectorias profesionales) que pueden generar patrones de acceso femenino diferenciados respecto a ingenierías más técnicas (Eléctrica, Mecánica) o ciencias básicas (Física, Matemáticas), por lo que el trabajo sale de los estándares técnicos de la estructuración de carreras.

1.7.4 Alcance Metodológico

El estudio adopta un enfoque cuantitativo mediante análisis econométrico de series temporales, reconociendo en la interpretación el valor complementario de otras variables no cuantificadas para capturar dimensiones simbólicas y experiencias subjetivas.

1.7.5 Unidad de Análisis

La unidad de análisis corresponde a datos agregados a nivel nacional por año. No se analizan datos desagregados por universidad, región o nivel socioeconómico individual producto de ausencia de estos, lo que constituye una limitación reconocida del estudio pero que responde a restricciones de disponibilidad de información pública histórica comparable.

1.8 Estructura Del Documento

El presente documento se estructura en seis capítulos principales:

- **Capítulo 1: Introducción.** Se presenta el trabajo y se realiza la estructura principal; planteamiento de preguntas, hipótesis, objetivos y aplicaciones.
- **Capítulo 2: Marco teórico.** Revisa la literatura científica nacional e internacional sobre determinantes del acceso femenino a carreras STEM, con énfasis en estudios sobre ingeniería. Se presentan teorías sobre reproducción de desigualdades de género en

educación, evidencia empírica sobre efectos de políticas públicas, y se identifican ausencias de estudios que justifican el presente trabajo.

- **Capítulo 3: Metodología.** Presenta el diseño metodológico del trabajo, incluyendo la definición operacional de variables, las fuentes de información utilizadas, el proceso de recolección y consolidación de datos, la especificación del modelo econométrico, y los procedimientos de validación y diagnóstico aplicados para garantizar el cumplimiento de supuestos clásicos de regresión lineal múltiple.
- **Capítulo 4: Descripción de la data.** Presenta un análisis descriptivo de la evolución de la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial durante 2005-2024, así como de las variables independientes consideradas (gasto en I+D, gasto en educación, matrícula secundaria femenina, participación laboral femenina, IDH, tasa de natalidad, retención femenina, marco regulatorio). Se calculan estadísticas descriptivas, correlaciones bivariadas, y se identifican puntos de inflexión asociados a eventos institucionales relevantes.
- **Capítulo 5: Resultados y discusión.** Presenta los resultados de la estimación del modelo final mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios con errores estándar robustos HAC. Se interpretan los coeficientes estimados con cuantificación de efectos marginales mediante escenarios concretos de política pública, se evalúa el cumplimiento de supuestos econométricos mediante pruebas diagnósticas, y se discuten las implicancias teóricas y prácticas de los hallazgos.
- **Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones.** Presenta y sintetiza los hallazgos principales del estudio, respondiendo explícitamente a las preguntas de investigación y contrastando las hipótesis propuestas. Se discuten las contribuciones empíricas,

metodológicas y de política pública del estudio, así como sus limitaciones metodológicas reconocidas.

Finalmente, la sección de Referencias presenta todas las fuentes académicas, institucionales y estadísticas utilizadas en el trabajo, garantizando la trazabilidad y replicabilidad del análisis.

1.9 Contribución Esperada Del Estudio

Este trabajo aspira a realizar una contribución en tres dimensiones:

- **Contribución empírica:** Proporcionar evidencia econométrica longitudinal (20 años) que cuantifica determinantes macroestructurales del acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial en Chile, y llena un vacío significativo en la literatura nacional que ha privilegiado aproximaciones cualitativas o estudios de caso institucionales.
- **Contribución metodológica:** Indicar un modelo econométrico que puede ser aplicado al análisis de otras carreras STEM, otros niveles educativos, o contextos nacionales comparables, proponiendo un estándar metodológico para investigaciones futuras sobre equidad de género en educación superior técnica.
- **Contribución de política pública:** Ofrecer información accionable para tomadores de decisiones mediante la cuantificación de efectos marginales de inversiones públicas específicas (gasto en I+D, gasto en educación) sobre la matrícula femenina, aportando insumos preliminares para la discusión de política pública mediante la cuantificación de asociaciones entre inversiones públicas específicas y matrícula femenina, sujetas a validación con muestras de mayor tamaño y facilitando el diseño de escenarios prospectivos para alcanzar metas de equidad en horizontes temporales definidos.

En síntesis, el trabajo busca transformar conocimiento en herramientas para la acción, contribuyendo tanto al avance del conocimiento académico sobre desigualdades de género en educación superior como al diseño de políticas públicas efectivas que aceleren el logro de la equidad de género en la formación de profesionales de ingeniería en Chile.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Fundamentos Teóricos

El presente marco teórico examina los determinantes del ingreso femenino a la ingeniería desde una perspectiva multidimensional. Para efectos de precisión analítica, se establece una distinción explícita entre factores contextuales basales y determinantes estructurales directos. Variables demográficas y macroeconómicas generales expuestas en la literatura, tales como la Tasa de Natalidad y el Índice de Desarrollo Humano (IDH), se abordan en este capítulo con el fin de caracterizar el entorno socioeconómico habilitante; sin embargo, estas actúan como condiciones de contexto y no integran el modelo econométrico final debido a su alta colinealidad y menor poder explicativo específico para la brecha STEM. En consecuencia, la discusión teórica central se focaliza en las variables de inversión pública sectorial (Gasto en I+D y Educación) y transformación institucional (cambios normativos y culturales), las cuales constituyen el núcleo del modelo matemático por su capacidad para actuar como mecanismos de política pública con incidencia directa en las decisiones vocacionales.

Este apartado articula teorías económicas, sociológicas y de política pública que explican cómo las inversiones estatales y las transformaciones culturales generan cambios en las decisiones educativas de las mujeres en carreras históricamente masculinizadas.

2.1.1 *Teoría Del Capital Humano y Decisiones Educativas*

La teoría del capital humano (Becker, 1964; Schultz, 1961) establece que los individuos realizan inversiones en educación mediante evaluaciones racionales de costos y beneficios esperados. Según este enfoque, las personas destinan tiempo y recursos a formación universitaria cuando anticipan retornos económicos superiores a través de mejores salarios, mayor empleabilidad y oportunidades de movilidad social (Mincer, 1974).

En el contexto de género y carreras STEM, esta teoría explica que las decisiones educativas de las mujeres incorporan no solo retornos monetarios directos (Blau & Kahn, 2017), sino también expectativas sobre discriminación salarial (Blau & Kahn, 2017), dificultades de conciliación del trabajo con la familia (Cech & Blair-Loy, 2019), y barreras de acceso a posiciones de liderazgo (Amon, 2017). Cuando las mujeres perciben que los retornos esperados en ingeniería son inferiores debido a discriminación estructural o interrupciones por maternidad (Cech & Blair-Loy, 2019), la inversión educativa en estas carreras se vuelve menos atractiva racionalmente, perpetuando la segregación ocupacional por género (Polachek, 1981).

2.1.2 Reproducción Social y Habitus de Género

Bourdieu (1998) en su obra “La dominación masculina” conceptualiza el "habitus" como un sistema de disposiciones internalizadas que condiciona la forma en que los individuos interpretan y actúan en el mundo social. Aplicado a las decisiones vocacionales, este concepto explica cómo las jóvenes, socializadas en entornos familiares y escolares que reproducen valores y estructuras de dominación masculina, internalizan elecciones educativas que refuerzan la segmentación por género.

Los estereotipos culturales que asocian la ingeniería con atributos tradicionalmente masculinos, racionalidad instrumental, competitividad y objetividad desapasionada operan como barreras simbólicas que limitan la autopercepción de pertenencia de las mujeres en estas disciplinas (Schiebinger, 1999). Esta reproducción inconsciente de desigualdades genera lo que Bourdieu denomina "violencia simbólica": la naturalización de jerarquías sociales que se perciben como inevitables o merecidas (Bourdieu & Passeron, 1977).

2.1.3 *Interseccionalidad y Desigualdades Múltiples*

La teoría de la interseccionalidad (Crenshaw, 1991) sostiene que las desigualdades de género no operan de manera aislada, sino que se entrelazan con factores socioeconómicos, raciales y culturales, generando experiencias diferenciadas de exclusión. En educación superior técnica, este marco teórico permite comprender cómo las mujeres de sectores vulnerables enfrentan barreras múltiples en el acceso y permanencia en carreras STEM.

Este enfoque exige que las políticas de equidad de género en educación superior consideren no solo el género como categoría aislada, sino también las intersecciones con clase social, origen étnico y capital cultural familiar (McCall, 2005).

2.1.4 *Teoría de Señales y Políticas Públicas*

La teoría de señales (Spence, 1973) establece que agentes económicos transmiten información creíble mediante acciones observables y costosas. Aplicada a políticas públicas, la inversión estatal en investigación y desarrollo señala la prioridad nacional asignada a sectores científicos y tecnológicos, influyendo en las decisiones educativas de familias y estudiantes (Connelly et al., 2011).

Un incremento sostenido en gasto público en I+D comunica que el país valora y demandará profesionales en áreas técnicas, reduciendo la percepción de riesgo asociada a carreras no tradicionales para mujeres. Similarmente, la inversión en educación pública señala el compromiso estatal con la equidad de acceso, fortaleciendo las expectativas de movilidad social mediante formación universitaria (Card, 1999).

2.1.5 *Fallas de Mercado y Justificación de Intervención Estatal*

La teoría económica neoclásica describe la intervención pública cuando los mercados libres generan resultados socialmente ineficientes (Stiglitz, 2000). En educación superior técnica, tres fallas de mercado fundamentan políticas activas de equidad de género:

- **Externalidades positivas.** La formación de ingenieras genera beneficios sociales tales como, innovación, diversidad de perspectivas en diseño de tecnologías y desarrollo productivo inclusivo que no son capturados completamente por los retornos salariales privados individuales (Romer, 1990). La subinversión privada en educación femenina STEM justifica subsidios públicos y programas de incentivo.
- **Información imperfecta.** Las estudiantes mujeres pueden subestimar sistemáticamente sus capacidades en áreas técnicas debido a estereotipos de género internalizados durante la socialización temprana, generando decisiones vocacionales subóptimas desde una perspectiva de bienestar social (Akerlof, 1970; Bordalo et al., 2019). Programas de orientación vocacional con perspectiva de género y visibilización de referentes femeninos corrigen estas distorsiones informativas.
- **Fallas de coordinación.** La ausencia de masa crítica de mujeres en ingeniería genera equilibrios de baja participación que se auto-refuerzan: pocas mujeres matriculadas, ambientes masculinizados, menor atractivo para nuevas estudiantes y persistencia de baja participación (Milgrom & Roberts, 1990). Romper este equilibrio requiere intervenciones coordinadas que generen umbrales mínimos de participación femenina.

Estas fallas justifican inversiones públicas en ciencia, educación, marcos regulatorios antidiscriminación, y programas de visibilización, como instrumentos para corregir ineficiencias de mercado y promover equidad con eficiencia económica (Duflo, 2012).

2.2 Revisión de la Literatura

La participación femenina en el ámbito de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en Chile ha sido persistentemente baja, incluyendo Ingeniería Civil Industrial. Según datos recientes, solo el 22% de las mujeres optó por carreras vinculadas a STEM en 2024 (Radio Universidad de Chile, 2024), reflejando un estancamiento en la última década (Jiménez et al., 2019).

El presente capítulo analiza literatura académica, informes y estudios desarrollados hasta el año 2025 que han estudiado la evolución de la participación de mujeres en estas áreas, considerando factores sociales, culturales e institucionales influyentes en sus trayectorias académicas y profesionales. Se estudia cómo algunas políticas de cambio en instituciones y en la sociedad han modificado o limitado la participación femenina en Ingeniería Civil Industrial. Es necesario mencionar que el análisis de la literatura contempla el año 2025 por contextualización de cambios sociales, políticos y culturales, pero el trabajo sólo considera datos hasta el año 2024.

2.2.1 Brechas de Género en el Acceso a Carreras STEM

La baja participación femenina en Chile constituye una constante estructural en las áreas de estudios STEM. La magnitud de esta disparidad se refleja en las estadísticas recientes, en donde “sólo el 22% de las mujeres optó por carreras vinculadas a ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, frente a un 77% de hombres matriculados en estas áreas, lo que evidencia una brecha persistente” (Radio Universidad de Chile, 2024, párr. 2).

Históricamente, esta diferencia ha marcado la composición de la educación superior. En 2018, solo 1 de cada 4 matrículas en áreas STEM correspondía a mujeres, tendencia que se acentuaba en especialidades con alta concentración masculina como Ingeniería Eléctrica, donde

las mujeres representaban apenas el 9% de las matrículas (Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género [MinMujeryEG], 2023). Esta brecha persiste en el ingreso de mujeres a carreras como Ingeniería Civil Industrial.

El panorama chileno se enmarca en un contexto de desigualdad regional y global. La participación femenina en el ámbito de la ingeniería en el país se sitúa por debajo de los estándares internacionales en la última década. Al respecto, Jiménez et al. (2019) indican que la participación de mujeres en carreras de ingeniería (tecnología) en los años 2015 y 2016 en Chile era en torno al 20%. (párr. 3).

A nivel regional, Chile se encuentra dentro de las observaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 9 de enero 2014) en su informe "Cerrando brechas de género" señala que "Las mujeres siguen siendo muy poco representativas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés). Y a pesar de que más mujeres están terminando sus estudios en campos de STEM (sobre todo en biología y agricultura), todavía representan un porcentaje muy pequeño de estudiantes en informática e ingeniería, campos de gran demanda en el mercado laboral en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y en otras regiones." (pág.139). Bajo este panorama, se infiere que la baja presencia de mujeres en ingenierías es una problemática a nivel internacional y que Chile se encuentra bajo este el mismo fenómeno al cuál se debe dar solución para así generar un avance en la incorporación de nuevas tecnologías y aplicaciones en las que se considera que la participación del género femenino debe ser fundamental.

El fenómeno no puede entenderse únicamente como una elección individual, sino como el resultado de procesos educativos, sociales y simbólicos. La persistencia de estereotipos de género que asocian la ingeniería con capacidades masculinas y la falta de referentes femeninos en

posiciones de liderazgo técnico podrían influir en la autopercepción de las jóvenes sobre su capacidad para desarrollar estas disciplinas. La literatura indica que la brecha, por tanto, es estructural, se origina en etapas tempranas de la educación, se reproduce en la enseñanza media y se consolida al momento de elegir una carrera universitaria (Ogaz Rueda, 2020; Martínez-Galaz et al., 2022).

2.2.2 Factores Que Influyen en la Decisión Vocacional

La elección de carreras por parte de las mujeres está mediada por un complejo entramado de factores educativos, sociales y culturales. Según Ogaz Rueda (2020), el entorno familiar, el tipo de colegio y la exposición temprana a referentes femeninos son determinantes en la decisión de estudiar ingeniería (p. 57). No obstante, la marcada masculinización de estas disciplinas genera estereotipos que limitan las aspiraciones y proyecciones vocacionales femeninas desde etapas previas al ingreso.

Esta barrera de género se manifiesta también en dinámicas de poder y acoso. Ogaz Rueda (2020) identifica efectos contradictorios en la interacción académica, donde conductas poco éticas o de acoso por parte de ayudantes provocan que las estudiantes eviten el contacto o los reclamos de notas para protegerse (p. 80). Al respecto, la Dirección de Igualdad de Género de la Universidad de Chile (DIGEN, 2023) señala que, si bien el acoso ha persistido históricamente, solo desde las movilizaciones feministas de 2018 emergió como un problema público que interpela a las instituciones para erradicar el sexismo y la violencia de género.

Finalmente, las expectativas laborales y la percepción de obstáculos como la maternidad y la conciliación trabajo-familia inciden significativamente en el desarrollo profesional de las ingenieras (Ogaz Rueda, 2020, p. 88). No obstante, persiste la necesidad de profundizar en la

evidencia empírica sobre cómo estas percepciones afectan específicamente las decisiones de matrícula en Ingeniería Civil Industrial.

Desde una perspectiva estructural, las condiciones del sistema educativo chileno también afectan la decisión vocacional. La desigual distribución de recursos en la enseñanza media, la orientación deficiente en colegios públicos y la segmentación del acceso a la educación superior limitan las oportunidades para mujeres de contextos vulnerables. En consecuencia, las diferencias en capital cultural y educativo se traducen en decisiones condicionadas por el entorno más que por vocación individual. Este fenómeno es especialmente evidente en carreras de alta selectividad, donde los puntajes de ingreso y los costos asociados actúan como barreras adicionales.

Las variables mencionadas en la elección de cada carrera toman un rol de suma importancia y se les debe prestar atención desde etapas previas para desarrollar medidas y acciones que permitan que la presencia de mujeres en áreas de ingenierías se vea fortalecida. La importancia está en concentrar medidas reguladoras en cada una de estas para fomentar el ingreso del género femenino y consigo asegurar la permanencia en ingenierías.

2.3 Variables de Contextualización

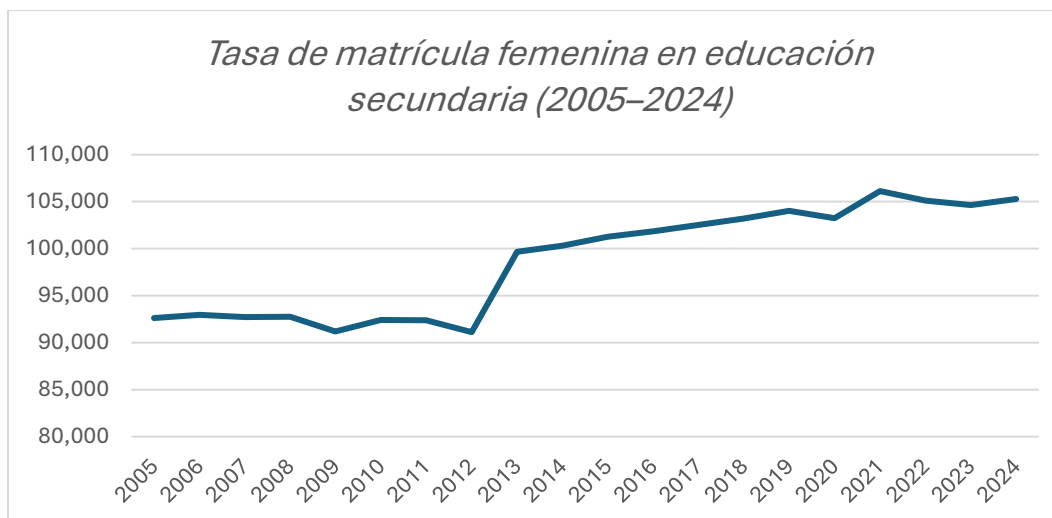
Adicionalmente, este marco teórico incorpora el análisis de un conjunto de indicadores macrosociales y demográficos que cumplen una función eminentemente contextualizadora. La exposición detallada de estas variables se justifica por la necesidad de caracterizar con profundidad el entorno socioeconómico habilitante en el cual se inscriben las decisiones vocacionales bajo estudio. Si bien estos factores no se incorporan como predictores directos en la especificación final del modelo econométrico debido a su naturaleza global, su desarrollo extenso en este capítulo resulta fundamental para comprender las condiciones basales y la evolución histórica del escenario nacional que acompaña al fenómeno específico de la matrícula femenina en ingeniería.

2.3.1 Matrícula Femenina en Educación Secundaria

El acceso a la educación secundaria constituye un determinante estructural fundamental para el ingreso posterior a la educación superior. Según datos del Banco Mundial (2025), la tasa bruta de matrícula femenina en educación secundaria en Chile superó el 100% desde 2014, lo que indica una cobertura prácticamente universal en este nivel educativo, incluyendo población en edad escolar y extra-edad. Este fenómeno amplía el universo potencial de mujeres que cumplen con los requisitos académicos mínimos para optar por carreras universitarias, particularmente aquellas de alta selectividad como Ingeniería Civil Industrial.

GRÁFICO 1

TASA DE MATRÍCULA FEMENINA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025).

El aumento sostenido en la escolarización femenina podría asociarse positivamente con la expansión de la matrícula universitaria, especialmente en programas de alto nivel técnico. No obstante, la universalización del acceso a educación secundaria no se traduce automáticamente en mayor participación en Ingeniería Civil Industrial, lo que evidencia que la persistencia de sesgos de género en la orientación vocacional y la ausencia de referentes femeninos en áreas tecnológicas limitan la traducción directa de estos avances educativos en mayor ingreso a carreras STEM. Como señala el informe de ONU Mujeres y UNESCO (2023), la segregación de género en la educación superior no se explica por diferencias en capacidades académicas, sino por factores culturales y simbólicos que condicionan las aspiraciones vocacionales desde etapas tempranas del desarrollo educativo.

La correlación observada entre matrícula secundaria femenina y matrícula universitaria en Ingeniería Civil Industrial es positiva, lo que sugiere que, si bien el acceso educativo es condición necesaria, no es condición suficiente para garantizar equidad en carreras tradicionalmente

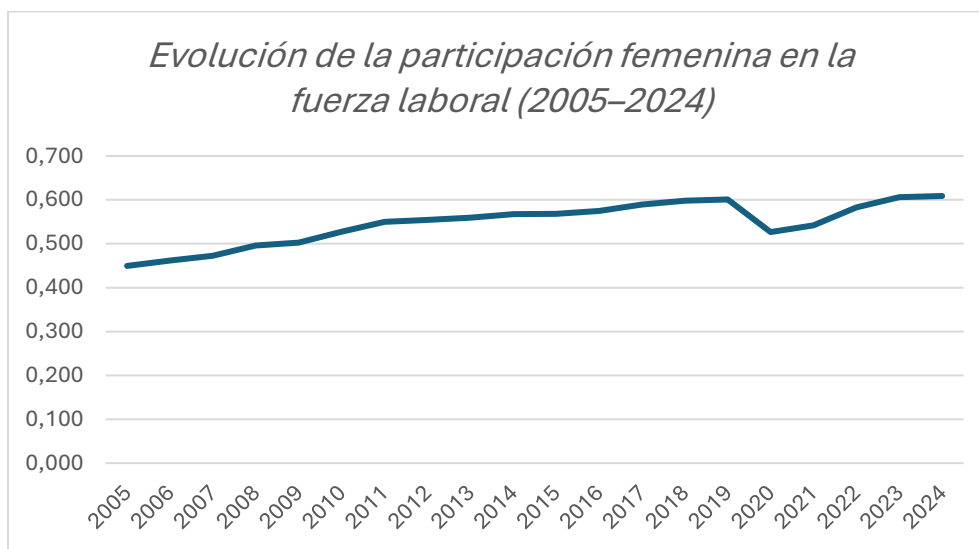
masculinizadas. Si bien este indicador proporciona contexto socioeconómico habilitante, no integra el modelo econométrico final debido a su menor poder explicativo específico para la brecha STEM, razón por la cual se aborda exclusivamente como variable de contextualización.

2.3.2 Tasa de Participación Femenina en la Fuerza Laboral

De acuerdo con el Banco Mundial (2025), la tasa de participación laboral femenina en Chile alcanzó 60,6% en 2023, frente al 78% de los hombres el mismo año, evidenciando una brecha superior a 17 puntos porcentuales. Esta diferencia según los datos observados se ha reducido desde 2005, cuando la participación femenina era de aproximadamente 42%, lo que representa un avance, pero insuficiente si se quisiese alcanzar la paridad.

GRÁFICO 2

EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN FEMENINA EN LA FUERZA LABORAL (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025).

La evolución de este indicador muestra un avance, aunque mantiene la brecha laboral de más de 15 puntos. Una mayor participación femenina en el trabajo suele correlacionarse con un aumento del capital humano y una mayor inclinación hacia la formación universitaria, ya que las

mujeres perciben que la educación superior mejora su inserción laboral, movilidad profesional y autonomía económica. En este sentido, la decisión de ingresar a una carrera como Ingeniería Civil Industrial puede estar condicionada por las expectativas de retorno laboral y las oportunidades percibidas en el mercado de trabajo.

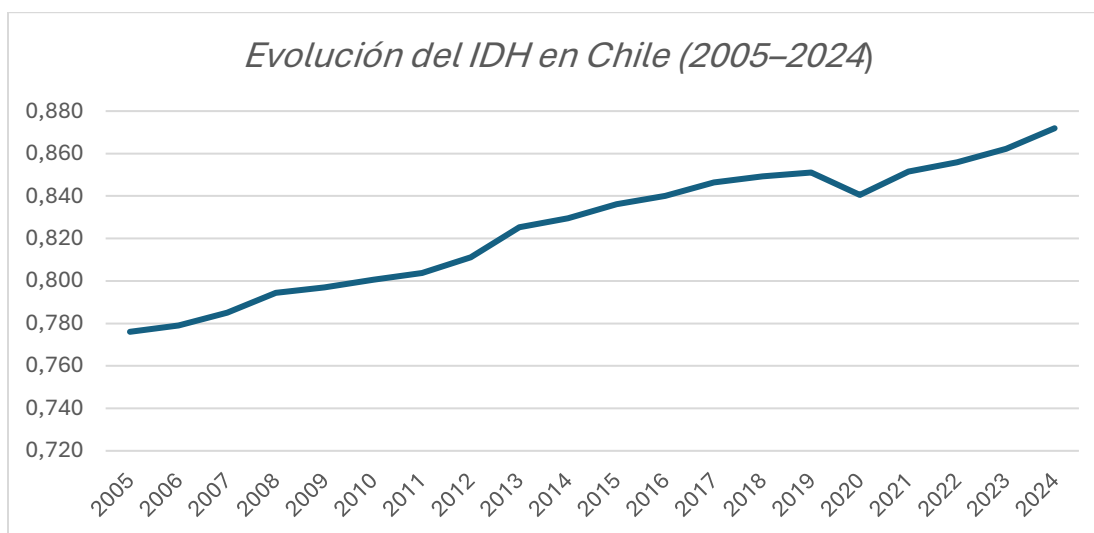
La interpretación revela una relación positiva entre participación laboral femenina y matrícula universitaria en Ingeniería Civil Industrial, lo que podría sugerir que a medida que las mujeres se integran más activamente al mercado laboral, aumenta su propensión a elegir carreras técnicas que ofrecen mejores perspectivas de remuneración y desarrollo profesional. No obstante, como señala Ogaz Rueda (2020), las mujeres en ingeniería enfrentan barreras laborales específicas, como la discriminación salarial, el acoso sexual y la dificultad para conciliar vida laboral y familiar, factores que pueden desincentivar el ingreso a estas carreras a pesar de las oportunidades formales existentes. La variable se excluye del modelo por razones técnicas del trabajo en donde los indicadores relacionados de la variable con el estudio original ensucian el modelo y podría generar malinterpretaciones de este.

2.3.3 Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El IDH constituye una medida compuesta que evalúa el nivel de bienestar de una sociedad a partir de tres dimensiones fundamentales: educación, salud e ingreso per cápita. Según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2023), Chile alcanzó un IDH de 0,856 en 2022, ubicándose en la categoría de desarrollo humano muy alto y destacando entre los países latinoamericanos.

GRÁFICO 3

EVOLUCIÓN DEL IDH EN CHILE (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos del PNUD (2023).

El aumento sostenido del IDH durante el período analizado (2005 – 2024) refleja un entorno socioeconómico favorable para el acceso femenino a la educación superior. A medida que mejoran las condiciones de salud, educación e ingreso, las mujeres podrían enfrentar menos restricciones económicas y familiares para continuar estudios universitarios y pueden destinar más recursos al desarrollo profesional. Sin embargo, el IDH no elimina los sesgos de género ni las desigualdades en las áreas tecnológicas, su efecto positivo depende de la existencia de políticas específicas que transformen los patrones culturales y las estructuras institucionales que perpetúan la segregación.

La relación entre IDH y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial es alta, lo que sugiere que el desarrollo humano integral podría constituir un factor determinante del acceso educativo. No obstante, como advierte la UNESCO (2023), el desarrollo económico debe acompañarse de transformaciones culturales y políticas de equidad para que sus beneficios se

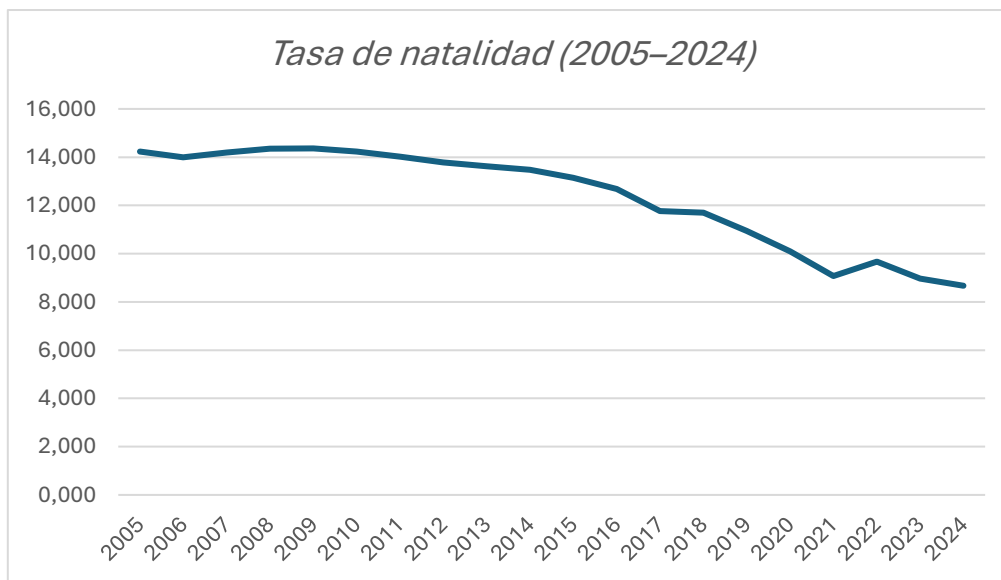
traduzcan efectivamente en mayor participación femenina en carreras STEM. Sin embargo, esta variable no se incorpora en el trabajo debido a que el factor VIF no presenta los rangos aceptables definidos para el trabajo.

2.3.4 Tasa de Natalidad

La tasa de natalidad, definida como el número de nacimientos vivos por cada 1.000 habitantes en un período determinado, representa una variable demográfica de suma importancia relacionada con la participación femenina en educación y empleo. Según el Banco Mundial (2025), la tasa de natalidad en Chile descendió de aproximadamente 15 nacimientos por cada 1.000 habitantes en 2005 a 9 nacimientos en 2023, continuando una tendencia de largo plazo hacia el envejecimiento demográfico y la reducción de la fecundidad.

GRÁFICO 4

TASA DE NATALIDAD (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025).

Esta disminución sostenida puede interpretarse como un factor facilitador del acceso de las mujeres jóvenes a la educación superior, al reducirse las responsabilidades de cuidado y maternidad temprana que históricamente han limitado las trayectorias educativas femeninas. El descenso de la natalidad se alinea con un cambio estructural en los roles de género y las prioridades familiares, contribuyendo a una mayor autonomía reproductiva y a la posibilidad de postergar la maternidad para priorizar el desarrollo profesional.

El análisis general revela una relación negativa entre tasa de natalidad y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, lo que sugiere que, a medida que disminuye la natalidad, aumenta la participación femenina en carreras universitarias exigentes. Esta relación inversa refleja el dilema histórico entre maternidad y desarrollo profesional que enfrentan las mujeres, tema documentado ampliamente en la literatura sobre género y educación superior (Ogaz Rueda, 2020; Martínez-Galaz et al., 2022). No obstante, es importante señalar que esta correlación no implica necesariamente una relación causal directa, sino que ambas variables pueden estar influidas por factores estructurales comunes, como el desarrollo económico, la urbanización y los cambios culturales en las expectativas de género. La variable a pesar de la relación social en la que se podría inferir un desarrollo directo se deja fuera del estudio por parámetros definidos, el factor VIF escapa del rango aceptable.

2.3.5 Marco Regulatorio Contra el Acoso Sexual (Ley 21.369)

El acoso sexual y la violencia de género en contextos educativos constituyen barreras significativas para la participación y permanencia de las mujeres en carreras universitarias, particularmente en áreas tradicionalmente masculinizadas como la ingeniería. Según la literatura estudiada, diversas investigaciones han evidenciado que las mujeres en ingeniería enfrentan climas académicos adversos, caracterizados por conductas discriminatorias, acoso sexual y falta de

referentes femeninos, factores que afectan negativamente su sentido de pertenencia y su desempeño académico (Martínez-Galaz et al., 2022; Ogaz Rueda, 2020).

En este contexto, la promulgación de la Ley 21.369 sobre acoso sexual, violencia y discriminación de género en educación superior representa un punto de inflexión institucional de gran relevancia. Esta ley, publicada el 15 de septiembre de 2021 y con entrada en vigor a partir de 2022, estableció por primera vez en Chile la obligatoriedad de que todas las instituciones de educación superior implementen políticas integrales de prevención, investigación, sanción y reparación frente a situaciones de acoso sexual, violencia y discriminación de género. La normativa define estándares mínimos para los protocolos institucionales, establece plazos para su implementación y crea mecanismos de fiscalización por parte de la Superintendencia de Educación Superior.

La implementación de esta ley responde a las demandas del movimiento estudiantil feminista de 2018, que visibilizó masivamente la problemática del acoso sexual en universidades chilenas y exigió transformaciones institucionales profundas. Según la Dirección de Igualdad de Género de la Universidad de Chile (DIGEN, 2023), el acoso sexual en las universidades ha existido probablemente desde que las mujeres ingresaron a la educación superior, pero fue recién a partir de 2018 cuando emergió como un problema de carácter público que interpela a las instituciones y exige medidas concretas.

Para capturar el efecto institucional de este cambio regulatorio, se incorpora en el análisis una variable dummy denominada “Ley Acoso Sexual”, codificada como 0 para el período 2005–2021 (ausencia de marco regulatorio específico) y 1 para el período 2022–2024 (vigencia de la Ley 21.369). Esta variable permite evaluar si la existencia de marcos normativos formales que

garantizan ambientes libres de violencia incide positivamente en la decisión de las mujeres de ingresar a carreras históricamente masculinizadas como Ingeniería Civil Industrial.

La hipótesis teórica subyacente es que la implementación de protocolos obligatorios de prevención y sanción del acoso sexual puede generar cambios en la percepción de seguridad de las potenciales estudiantes, reduciendo la incertidumbre respecto de los riesgos asociados a ingresar a ambientes académicos predominantemente masculinos. Asimismo, la existencia de mecanismos formales de denuncia y reparación puede fortalecer la confianza de las mujeres en la capacidad institucional para proteger sus derechos y garantizar condiciones equitativas de formación profesional.

No obstante, es importante señalar que los efectos de la Ley 21.369 sobre la matrícula femenina pueden no ser inmediatos ni lineales. La transformación de la cultura institucional y la percepción social de las universidades como espacios seguros requiere tiempo, y el impacto completo de la normativa puede observarse con rezagos temporales de varios años. Adicionalmente, la efectividad de la ley depende críticamente de la calidad de su implementación institucional, factor que presenta heterogeneidad significativa entre universidades.

Dado que la Ley 21.369 entró en vigor recientemente, el período de observación con la variable dummy activada (2022–2024) es relativamente corto (3 años), lo que limita la potencia estadística para detectar efectos significativos. Sin embargo, su inclusión en el modelo es fundamental desde una perspectiva teórica y de política pública, ya que permite evaluar empíricamente si los cambios regulatorios institucionales constituyen un factor relevante en la evolución del acceso femenino a carreras STEM. La variable no se incorpora por parámetros del estudio, el breve tiempo de implementación no permite un análisis técnico dentro del estudio.

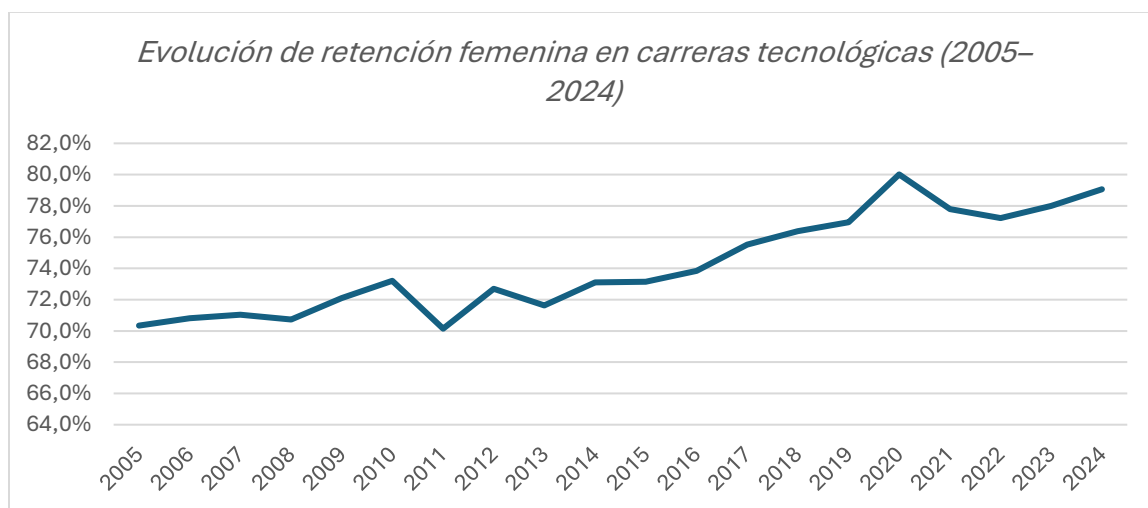
2.3.6 Retención Femenina en Carreras Tecnológicas

La tasa de retención académica, definida como el porcentaje de estudiantes que permanecen matriculados de un año a otro, constituye un indicador clave de la calidad de la experiencia educativa y del nivel de inclusión institucional. En el caso específico de las mujeres en carreras tecnológicas, la retención de primer a segundo año refleja no solo la capacidad académica de las estudiantes, sino también factores estructurales como el clima institucional, la existencia de redes de apoyo, la presencia de referentes femeninos en la planta académica y el nivel de discriminación o acoso experimentado en los ambientes de aprendizaje.

Según datos de la Subsecretaría de Educación Superior (2025), obtenidos del Sistema de Información de Educación Superior (SIES), la tasa de retención femenina en carreras profesionales del área tecnológica en Chile ha experimentado un incremento sostenido durante el período 2005–2024, pasando de aproximadamente 70,4% en 2005 a 79,1% en 2024. Este aumento refleja mejoras en las condiciones institucionales de acogida y permanencia.

GRÁFICO 5

EVOLUCIÓN DE RETENCIÓN FEMENINA EN CARRERAS TECNOLÓGICAS (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos de la Subsecretaría de Educación Superior (2025).

La importancia de la retención como variable explicativa del ingreso femenino a Ingeniería Civil Industrial radica en su capacidad para capturar un mecanismo de retroalimentación positiva. Una alta tasa de retención puede señalar a las potenciales estudiantes que los ambientes académicos en carreras tecnológicas son acogedores, inclusivos y propicios para el éxito profesional de las mujeres, lo que a su vez puede incentivar a nuevas generaciones a optar por estas carreras. Por el contrario, bajas tasas de retención pueden indicar la existencia de barreras estructurales invisibles, como climas institucionales adversos, discriminación académica, falta de referentes femeninos o ausencia de redes de apoyo, factores que pueden desincentivar el ingreso de nuevas estudiantes al generar percepciones negativas sobre las condiciones de formación.

Como se discutió anteriormente, las experiencias académicas de las mujeres en ingeniería están marcadas por la masculinización de los espacios, la discriminación en interacciones con pares y profesores, y la falta de representación femenina en cargos académicos y de liderazgo (Martínez-Galaz et al., 2022). Estas barreras no solo afectan la permanencia de las estudiantes actuales, sino que también envían señales disuasorias a las generaciones futuras, perpetuando la baja participación femenina en un ciclo de retroalimentación negativa.

La inclusión de la variable retención femenina permite evaluar empíricamente si la permanencia exitosa de mujeres en carreras tecnológicas actúa como un mecanismo de señalización positiva que fortalece la matrícula femenina en períodos subsecuentes. La hipótesis teórica es que incrementos en la retención femenina se asocian positivamente con aumentos en la matrícula femenina, mediados por mecanismos de transmisión de información entre cohortes estudiantiles y de fortalecimiento de la percepción social sobre la viabilidad de las trayectorias profesionales femeninas en ingeniería.

El análisis preliminar sugiere una relación positiva entre retención femenina y matrícula, lo que es consistente con la hipótesis de retroalimentación positiva. Sin embargo, es importante reconocer que la dirección de causalidad entre ambas variables no es unidireccional: por un lado, una mayor retención puede incentivar el ingreso; por otro lado, un mayor ingreso de mujeres puede mejorar las condiciones de retención al reducir el aislamiento social y fortalecer las redes de apoyo femeninas. Esta relación bidireccional será abordada con mayor profundidad en el análisis econométrico del Capítulo 3, donde se evaluarán posibles efectos de simultaneidad y se considerarán especificaciones alternativas del modelo. La variable mencionada, al igual que las mencionadas anteriormente, no se incorpora en el estudio por razones técnicas y parametrización del estudio.

2.4 Variables Aplicativas del Modelo Econométrico

Por su parte, el núcleo analítico de esta investigación se estructura en torno a un conjunto seleccionado de determinantes macroestructurales directos, los cuales integrarán la especificación final del modelo econométrico. La selección de estas variables centradas fundamentalmente en la inversión pública sectorial y en los hitos de transformación institucional responde a su naturaleza de instrumentos de política pública accionables y a su capacidad teórica para incidir en los incentivos y barreras específicas del mercado educativo. A diferencia de los factores contextuales, estas dimensiones permiten cuantificar la asociación estadística entre el esfuerzo estatal explícito y la variación en la matrícula femenina, constituyendo el eje central para la comprobación de las hipótesis planteadas y la discusión de resultados.

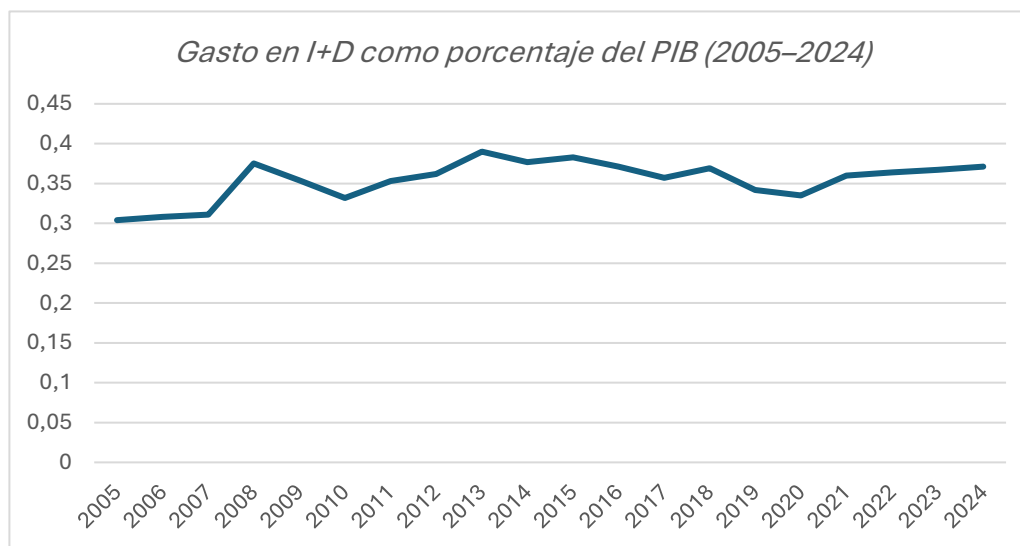
2.4.1 Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D)

El gasto nacional en investigación y desarrollo es un indicador clave del compromiso de un país con la innovación y la generación de conocimiento científico-tecnológico. De acuerdo con

el Banco Mundial (2025), Chile destina aproximadamente un 0,36% de su gasto de gobierno a actividades de investigación y desarrollo, cifra que se ha mantenido relativamente estable desde 2016 y que se sitúa significativamente por debajo del promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2,7% del PIB).

GRÁFICO 6

GASTO EN I+D COMO PORCENTAJE DEL PIB (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025).

La evidencia internacional sugiere que mayores inversiones en I+D estimulan la creación de ecosistemas científicos y tecnológicos más dinámicos, que atraen a más mujeres a carreras STEM al ofrecer mayores oportunidades de empleo, desarrollo profesional y visibilización de referentes femeninos en ciencia e ingeniería. En el caso chileno, el bajo gasto relativo en este ámbito limita la expansión de oportunidades de formación avanzada y empleo en sectores tecnológicos, lo que puede desincentivar el ingreso femenino a Ingeniería Civil Industrial en comparación con países que superan el 1% del PIB en inversión en I+D, como Brasil (1,3%) o Argentina (0,5%).

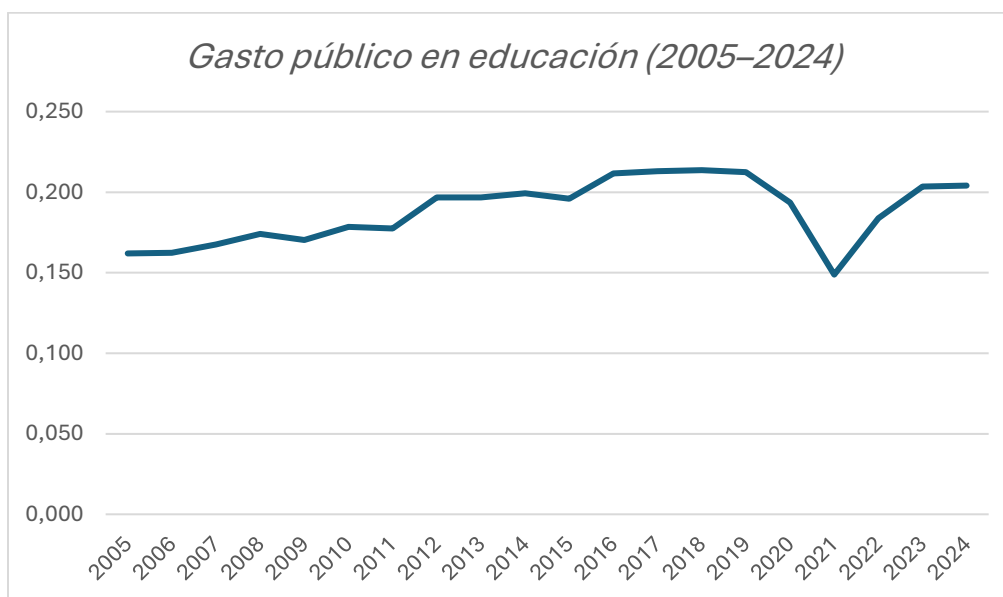
La relación observada entre gasto en I+D y matrícula femenina es positiva, según los resultados presentados en la tabla 2, lo que sugiere que, si bien la inversión en conocimiento es un factor relevante, su impacto directo en la matrícula femenina puede estar mediado por otros factores institucionales y culturales. Esto refuerza la necesidad de políticas integrales que combinen inversión en ciencia y tecnología con acciones específicas de promoción de la equidad de género en educación superior.

2.4.2 Gasto Público en Educación (% del gasto del gobierno)

El gasto público en educación constituye una medida del esfuerzo estatal por fortalecer el capital humano y garantizar el acceso equitativo a oportunidades educativas. Según el Banco Mundial (2025), el gasto público en educación en Chile ha ido creciendo, pero con importantes desigualdades en la distribución de recursos entre niveles educativos y áreas del conocimiento.

GRÁFICO 7

GASTO PÚBLICO EN EDUCACIÓN (2005–2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025).

El fortalecimiento de la inversión educativa pública puede traducirse en mayores oportunidades para las mujeres, tanto en la enseñanza media como en la universitaria, al reducir barreras económicas de acceso y mejorar la calidad de la formación. No obstante, la distribución desigual de estos recursos —con predominio de la inversión en educación general y menor apoyo específico a programas de ingeniería, ciencia y tecnología— puede limitar el impacto directo sobre la matrícula femenina en carreras STEM. Adicionalmente, el sistema de financiamiento universitario chileno, basado en aranceles y créditos estudiantiles, introduce barreras de acceso diferenciadas por nivel socioeconómico que afectan desproporcionadamente a las mujeres de sectores vulnerables.

La relación entre gasto público en educación y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial es positiva, sugiriendo que incrementos sostenidos en la inversión educativa se asocian con mayor acceso femenino a carreras universitarias. Sin embargo, como señala la Subsecretaría de Educación Superior (2025), el efecto del gasto educativo depende críticamente de cómo se distribuyen estos recursos y de si existen políticas específicas orientadas a reducir brechas de género en áreas tecnológicas.

2.5 Contexto Social General

2.5.1 Políticas Públicas y Programas de Equidad

Dentro de la trayectoria de ingreso de mujeres a carreras STEM, se han implementado diversas políticas y programas que buscan disminuir las brechas de género, fomentando la participación femenina en estas áreas. Dentro de estos, se han implementado programas sensibilizadores, “Girls in Tech Chile es una organización sin fines de lucro dedicada a identificar, conectar y dar visibilidad a las mujeres que lideran el sector tecnológico en Chile, convirtiéndolas en fuentes de inspiración y conocimiento específico para otras mujeres” (Girls in Tech, 2013, párr.

1). La implementación de este tipo de programas impacta la etapa base de la problemática, la sensibilización previa al ingreso a carreras permite el fortalecimiento de la autopercepción del género femenino al momento de elegir, por lo que seguir este lineamiento en tipos de programas podría fomentar el ingreso a la carrera de Ingeniería Civil Industrial.

En contexto nacional, se han incorporado programas que buscan mitigar la brecha de género en áreas tecnológicas y científicas en instituciones. La incorporación del Mas Mujeres Científicas (+MC) según el DEMRE (2023) en su sección de noticias, nace con el objetivo de disminuir las brechas de género en carreras relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática, el Comité Técnico de Acceso del Subsistema Universitario, conformado por siete rectoras(es) y el subsecretario de Educación Superior, acordó que a contar de este Proceso de Admisión 2024 las universidades podrán ofrecer, vía admisión centralizada, vacantes (cupos) adicionales para mujeres en este tipo de carreras (conocidas tradicionalmente como STEM, por su sigla en inglés). El desarrollo de este programa no ha presentado resultados que se puedan evaluar producto del corto periodo de implementación, según informes sus primeros resultados han sido positivos, pero es necesaria una evaluación.

Informes del Ministerio de Ciencia y del Mineduc (2025) evidencian avances, aunque insuficientes para cerrar la brecha de género en carreras científicas y técnicas. Los resultados de las implementaciones muestran una tendencia positiva, pero en materia social persisten desafíos que requieren acciones sostenidas. La incorporación de programas que tienen como objetivo cambiar la mirada social que existe sobre Ingenierías, particularmente Civil Industrial, pueden generar efectos de alto impacto en conjunto con la incorporación de programas de admisión especial en instituciones educativas.

2.5.2 Evolución Institucional y Casos Destacados

Algunas universidades han logrado avances significativos. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (2018) en un reporte menciona que alcanzó un histórico 32,8% de estudiantes mujeres en ingeniería y ciencias. Los avances que se han logrado han mostrado la importancia de apuntar a políticas de equidad, mayor reconocimiento de referentes femeninos e implementación de redes de apoyo a la inclusión en carreras masculinizadas dentro de las instituciones.

El seguimiento de medidas que se han implementado en universidades, donde se han habilitado cupos de admisión especial como “Mas Mujeres Científicas”, los cuales buscan aumentar la participación femenina dentro de las carreras que presentan una brecha con mayor amplitud. El desarrollo y evolución institucional mostró que a fines del 2023 “En total, 39 de las 45 universidades adscritas al sistema centralizado ya se sumaron a la iniciativa para ofrecer este tipo de cupos” (DEMRE, 2023, párr. 4). Algunas instituciones que están dentro de la integración de este programa son; Universidad de Chile, Universidad Técnica Federico Santa María, Pontificia Universidad Católica, entre otras. Sin embargo, los resultados a pesar de ser positivos, no se ha logrado la paridad de género en Ingeniería Civil Industrial, por lo que se infiere que se deben integrar otras medidas que potencien el desarrollo de la carrera en algún otro tipo de programas.

La evolución institucional evidencia un progreso gradual en la incorporación de la perspectiva de género en la educación superior chilena. Las experiencias analizadas reflejan una tendencia hacia la inclusión y la equidad, aunque todavía fragmentada y dependiente de la iniciativa de cada universidad. La ausencia de un sistema nacional de evaluación que mida la efectividad de estas estrategias constituye un desafío pendiente para consolidar un cambio estructural.

2.5.3 Desempeño Académico y Trayectorias Profesionales

Estudios sobre desempeño académico muestran que “las mujeres ingresadas por vías especiales presentan rendimientos comparables o superiores al promedio general” (Olguín Inostroza, 2020, pág. 44). La evidencia de estudios señala que el género femenino no necesita estándares diferenciados para acceder a carreras exigentes, un estudio de Universidad de Chile responde a la pregunta “¿Las estudiantes PEG (Programa de Equidad de Género) presentan un peor o mejor rendimiento que estudiantes mujeres de la cola del ingreso regular, es decir, con rendimiento similar PSU? La respuesta es que las estudiantes PEG no presentan diferencias significativas respecto a las estudiantes con rendimiento PSU similar” (Olguín Inostroza, 2020, pág. 44). Evidenciando que la idea que la sociedad comúnmente ha planteado no tiene fundamentos y posee una concepción errónea de este tipo de admisión y de quienes han usado estas.

Por otro lado, investigaciones sobre egresados de Ingeniería Civil Industrial revelan brechas persistentes en inserción laboral y acceso a cargos de liderazgo (Burgos Sanhueza, 2024; Ogaz Rueda, 2020), evidenciando que la equidad en ingreso no garantiza igualdad en oportunidades profesionales en el futuro laboral. El estudio que analizó las diferencias de género en el ambiente laboral mostró que “El 35% de las mujeres declara haber visto o vivido situaciones de acoso laboral y un 22% de los hombres apoya esta declaración con su propia experiencia y solo un 7% dice no haber experimentado ninguna clase de discriminación laboral, lo cual es realmente lamentable y preocupante” (Ogaz Rueda, 2020, pág. 95).

En este sentido, la relación entre desempeño académico y trayectoria profesional no depende únicamente de la calidad de la formación universitaria, sino también de factores culturales y estructurales impuestos por la sociedad. La falta de redes profesionales femeninas y la baja visibilidad de modelos de liderazgo en Ingeniería Civil Industrial limitan la capacidad de las

egresadas para consolidar carreras sostenibles a largo plazo. Estos elementos refuerzan la necesidad de que las universidades amplíen su rol, no solo como formadoras, sino como agentes activos de cambio social que impulsen la equidad en la transición educativa-laboral (Subsecretaría de Educación Superior, 2025).

2.5.4 Experiencias Académicas y Cultura Institucional

Un artículo destaca que "Se reconoce la existencia de obstáculos que pueden limitar la permanencia de las mujeres en las carreras, las que se derivan principalmente de la interacción académica con sus pares y profesorado. Estas interacciones derivan en la existencia de conductas de discriminación hacia las mujeres, las que siguen estando presentes entre la comunidad académica y en las salas de clases" (Martínez-Galaz et al., 2022, sección de conclusiones).

Las experiencias académicas señalan que la masculinización es un constante protagonista dentro de cada vivencia, en donde la señalización de ser mujer en Ingenierías conlleva a un direccionamiento de labores que subestiman las capacidades del género femenino, se señala que "Es necesario que las carreras de ingeniería cuenten con un mayor número de mujeres entre su planta académica, favoreciendo la construcción de roles profesionales en donde se valora la participación femenina. Esto además contribuiría a la resignificación de los estereotipos existentes en el área y a fortalecer la autoconfianza de las estudiantes a medida que se progresa académicamente en la carrera." (Martínez-Galaz et al., 2022, sección de conclusiones).

La cultura institucional dentro de las universidades no se ha desarrollado más allá de la implementación de programas, el estudio de Martínez-Galaz et al. (2022), en su sección de conclusiones apunta a que las universidades deben contar con políticas y acciones institucionales que permitan apoyar los procesos de transformación educativa, diseñando e implementando mecanismos en donde la educación con perspectiva de género se aborde de manera transversal.

Solo así se fortalecerá la erradicación de conductas discriminatorias en base al género, así como también la invisibilización de las problemáticas de género, las que aún están presentes entre la comunidad académica, favoreciendo la progresión académica de las mujeres en carreras de ingeniería.

En Chile, los esfuerzos por promover una cultura inclusiva han sido heterogéneos, la implementación desigual de estas iniciativas genera brechas internas que inciden en la experiencia de las estudiantes dentro y fuera del aula. Además, la falta de sensibilización docente en temas de género perpetúa estereotipos que limitan la participación de las mujeres en proyectos, laboratorios y cargos de representación estudiantil.

El fortalecimiento de la cultura organizacional de empresas también se hace imprescindible con enfoque de equidad, una condición necesaria para la sostenibilidad de los avances observados en el desarrollo laboral. La promoción de ambientes profesionales inclusivos, la visibilización de jefaturas femeninas y la capacitación continua son estrategias que han de implementarse para un mejor desarrollo.

2.6 Síntesis Del Marco Teórico

La desigualdad de género en las carreras de ingeniería debe analizarse desde una perspectiva estructural que integre factores culturales, educativos y simbólicos. Según ONU Mujeres y UNESCO (2023), la persistencia de la segregación de género en estas áreas se debe a la interacción de los estereotipos culturales, las dinámicas educativas y los mensajes sociales que se transmiten. En este contexto, la cultura técnica se ha consolidado históricamente como un espacio masculinizado, donde la racionalidad, la objetividad y la competitividad se asocian a valores tradicionalmente atribuidos al género masculino. Estos imaginarios sociales limitan la

autopercepción de las mujeres respecto de su pertenencia y competencia en disciplinas como la ingeniería.

Desde el punto de vista teórico, Bourdieu (1998) plantea que el "habitus" entendido como “un sistema de disposiciones internalizadas condiciona la forma en que los individuos interpretan y actúan en el mundo social” (pág. 34). Aplicado al ámbito educativo, este concepto permite comprender cómo las jóvenes, al interior de sistemas escolares y universitarios androcéntricos, tienden a reproducir conductas y decisiones que refuerzan la segmentación por género. De manera complementaria, la teoría de la interseccionalidad desarrollada por Crenshaw (1991, pág. 1245) aporta una visión más compleja, al evidenciar cómo las desigualdades de género se entrecruzan con factores socioeconómicos, raciales y culturales, generando experiencias diferenciadas de exclusión dentro del sistema educativo. Cabe señalar que la interseccionalidad se incorpora en este trabajo como marco interpretativo de los hallazgos y no como variable cuantificable en el modelo econométrico, dado que su operacionalización requeriría datos individuales con desagregaciones por etnia, clase y género que exceden el alcance de las fuentes de series temporales utilizadas.

En el caso chileno, diversos estudios han confirmado que la cultura institucional de las universidades continúa siendo un factor determinante en la persistencia de estas desigualdades, según Martínez-Galaz et al. (2022), identifican que las mujeres en ingeniería enfrentan climas académicos donde la competencia y la falta de referentes femeninos afectan su sentido de pertenencia. Esto se traduce en una “cultura de marginalidad simbólica”, donde el éxito académico no siempre garantiza inclusión o reconocimiento profesional. Asimismo, la falta de formación en enfoque de género dentro de las facultades de ingeniería limita la capacidad institucional para implementar cambios sostenidos.

La superación de estas barreras culturales requiere de un enfoque integral, que combine políticas públicas con transformaciones organizacionales. La UNESCO (2023) recomienda la adopción de estrategias institucionales orientadas a visibilizar el liderazgo femenino, reformular desde la equidad e indicar sistemas de mentoría que favorezcan la retención. En este sentido, la equidad de género no debe concebirse únicamente como un objetivo ético o normativo, sino como un componente estratégico para el fortalecimiento de la innovación y la competitividad de las universidades. Desde la perspectiva de la Ingeniería Civil Industrial, la incorporación de esta mirada cultural en la gestión educativa se vuelve fundamental para asegurar un desarrollo sostenible y equitativo del capital humano avanzado en Chile.

2.6.1 Conclusión

El análisis literario de la evolución del ingreso femenino a la carrera de Ingeniería Civil Industrial entre 2013 y 2025 permite estimar que, si bien Chile ha experimentado un avance sostenido en términos de participación, la brecha de género persiste como un fenómeno estructural de la educación superior. Los datos obtenidos de del estudio confirman que la presencia de mujeres en esta carrera aumentó, pero aún insuficiente para alcanzar la paridad. Este crecimiento está vinculado principalmente a políticas de equidad y a la implementación de programas de incentivo, aunque su impacto sigue concentrándose en la etapa de acceso y no necesariamente en la de permanencia o desarrollo profesional.

Desde una perspectiva técnica, la evolución positiva de la matrícula femenina se explica por una combinación de factores institucionales y culturales. Las políticas impulsadas por el Ministerio de Educación, como el programa “Más Mujeres Científicas” (+MC), han demostrado eficacia en la atracción de nuevas postulantes, incrementando la participación en carreras STEM. Sin embargo, la falta de mecanismos de seguimiento, indicadores de retención y estrategias

transversales de apoyo limita la sostenibilidad de los avances. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los sistemas de gestión universitaria con un enfoque de equidad que trascienda el acceso y se oriente a la formación, titulación e inserción laboral con igualdad de oportunidades (Subsecretaría de Educación Superior, 2025).

En el plano cultural, la ingeniería continúa siendo un espacio predominantemente masculinizado. Tal como señalan ONU Mujeres y UNESCO (2023), los estereotipos de género y la falta de modelos femeninos en roles técnicos o de liderazgo generan barreras invisibles que condicionan la percepción de pertenencia de las estudiantes. La superación de estas limitaciones no depende únicamente de políticas públicas, sino también de transformaciones institucionales profundas, orientadas a modificar la cultura organizacional, promover ambientes inclusivos y reconfigurar los imaginarios sociales asociados a la ingeniería.

Finalmente, comprender la dinámica de participación femenina en Ingeniería Civil Industrial no solo implica abordar un tema de equidad social, sino también de eficiencia económica y gestión del talento. La reducción de las brechas de género en la formación universitaria impacta directamente en la productividad, la innovación y la competitividad del sistema productivo chileno. Por tanto, avanzar hacia una equidad real en la educación superior requiere integrar la perspectiva de género como eje estratégico en la planificación académica y organizacional, asegurando así un desarrollo equilibrado, inclusivo y sostenible del capital humano del país.

El estudio de la literatura evidencia que, a lo largo del tiempo, la búsqueda de transformaciones se ha enfatizado en la implementación de programas que han tenido como objetivo disminuir las brechas de género en programas STEM y a su vez como efecto en Ingeniería Civil Industrial. Sin embargo, los estudios carecen de información sobre la influencia del desarrollo humano y político de las naciones, en donde la existencia de otros factores base también

influyen en el ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial, por lo tanto, se puede inferir que la dependencia no sólo está en la implementación de programas universitarios, sino que también depende del desarrollo económico y demográfico de cada país, es decir, contexto nación.

Es por esto, que el estudio se focalizará en la interpretación de estos factores base y la influencia que han tenido en el desarrollo de la presencia femenina en la carrera anteriormente mencionada. Entiendo la evolución de ingreso a la carrera, se obtiene una mirada macro sobre el cómo se deben adoptar medidas que aporten un aumento creciente y sostenido que permitan disminuir las brechas de género y consigo aportar valor social y económico al país.

Capítulo 3: Metodología

3.1 Tipo y Diseño Del Trabajo

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, longitudinal y explicativo, fundamentado en la necesidad de comprender los determinantes estructurales que inciden en la evolución del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024. Este enfoque permite analizar el fenómeno mediante la medición numérica de variables y el uso de técnicas estadísticas que posibilitan identificar patrones de asociación entre factores socioeconómicos, educativos e institucionales y las variaciones en la matrícula femenina, sin indicar relaciones causales directas.

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), la elección de un modelo estadístico depende de la naturaleza de las variables y del propósito del trabajo, cuando se busca indicar relaciones causales entre variables cuantificables, el enfoque cuantitativo y los métodos de regresión son los más adecuados. Bajo esta perspectiva, el estudio busca identificar la fuerza y dirección de los vínculos entre factores económicos, sociales e institucionales, y la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial.

El enfoque cuantitativo resulta pertinente para responder al objetivo general de determinar cómo las condiciones macroestructurales tales como la inversión en investigación y desarrollo, el gasto público en educación, y las tendencias temporales afectan el acceso de las mujeres a una carrera históricamente masculinizada. Asimismo, este tipo de diseño facilita la replicabilidad de los resultados y la validación empírica de las hipótesis propuestas, elementos esenciales para la generación de conocimiento científico riguroso en el ámbito de la educación superior (Creswell, 2018).

La adopción de este enfoque se justifica adicionalmente por la disponibilidad de datos oficiales de series temporales que permiten analizar la evolución del fenómeno a lo largo de dos décadas, identificando patrones estructurales, puntos de inflexión asociados a cambios de política pública, y la consistencia de las relaciones entre variables a lo largo del tiempo.

3.1.1 Diseño Del Trabajo

El diseño metodológico es no experimental, longitudinal de tendencia y correlacional-explicativo. Es no experimental porque las variables no fueron manipuladas; el análisis se enfocó en observar y registrar su comportamiento natural en el contexto histórico estudiado. Es longitudinal de tendencia porque abarca datos agregados de una serie temporal de veinte años (2005-2024), permitiendo capturar tendencias, cambios estructurales y efectos acumulativos en diferentes cohortes de estudiantes. Finalmente, es correlacional-explicativo porque busca medir relaciones estadísticas entre variables independientes y la variable dependiente, e inferir posibles efectos causales a partir de modelos econométricos.

Según Creswell (2018), los diseños longitudinales permiten comprender la evolución de fenómenos sociales a lo largo del tiempo, identificando puntos de inflexión y tendencias de largo plazo, mientras que los estudios explicativos pretenden indicar relaciones entre los factores observados y las variaciones en el fenómeno de interés. En este sentido, el diseño adoptado se alinea con el propósito de evaluar cómo variables estructurales de carácter económico, educativo e institucional han condicionado históricamente el acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial.

La elección del período 2005-2024 obedece a tres criterios metodológicos fundamentales. Primero, la disponibilidad de datos homogéneos y comparables en las bases del Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025) y el Banco Mundial (2025). Segundo, la representación de dos décadas de profundas transformaciones sociales en Chile, tanto en materia de equidad de género

como en el sistema educativo. Tercero, la posibilidad de capturar efectos de cambios en políticas públicas de inversión científica y educativa que han caracterizado este período.

El diseño longitudinal permite además controlar por heterogeneidad no observable que varía lentamente en el tiempo, tales como factores culturales profundos o características estructurales del sistema educativo chileno que se mantienen relativamente constantes pero que afectan el nivel base de matrícula femenina. Al incluir una variable de control temporal, el modelo captura estas tendencias de largo plazo que operan independientemente de las variables estructurales específicas incluidas.

3.1.2 Población y Muestra

La población objetivo está compuesta por las mujeres que han ingresado a programas de Ingeniería Civil Industrial en universidades chilenas adscritas al sistema de admisión centralizada. La unidad de análisis corresponde a la matrícula femenina de primer año registrada anualmente entre 2005 y 2024, desagregada por sexo y reportada oficialmente por las instituciones de educación superior al Consejo Nacional de Educación.

Los datos fueron obtenidos desde el Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025), que dispone de estadísticas oficiales de matrícula por sexo, carrera e institución desde el año 2005. Esta fuente se selecciona por su cobertura nacional, su carácter oficial y por constituir la base de referencia del Ministerio de Educación para el seguimiento de indicadores de equidad de género en educación superior. El Consejo Nacional de Educación es la institución pública encargada de administrar el sistema de información de educación superior en Chile, garantizando la calidad, consistencia y comparabilidad de los datos reportados por todas las universidades del país.

Se incluyen veinte observaciones anuales correspondientes al período 2005-2024. La muestra es de carácter censal, ya que se consideran todas las instituciones de educación superior

que reportan matrícula en Ingeniería Civil Industrial al sistema nacional. Esto garantiza la representatividad de la serie temporal y su comparabilidad a lo largo del tiempo, eliminando sesgos de selección institucional que podrían surgir si se considerara únicamente un subconjunto de universidades.

La decisión de utilizar el universo completo de instituciones se fundamenta en tres consideraciones metodológicas. Primero, elimina problemas de inferencia asociados a muestreo probabilístico, dado que se observa la población completa de interés. Segundo, garantiza que los resultados reflejan el comportamiento agregado del sistema de educación superior chileno, no solo de un subconjunto de instituciones con características específicas. Tercero, maximiza la variabilidad observable en los datos, capturando tanto la evolución en universidades tradicionales como en instituciones de creación más reciente.

El tamaño muestral de veinte observaciones, si bien limitado desde la perspectiva de grandes muestras transversales, es apropiado para análisis de series temporales educativas, donde cada observación representa un año completo de información agregada a nivel nacional. La literatura econométrica establece que, para modelos de regresión lineal múltiple, se requiere un mínimo de 10 a 15 observaciones por variable independiente para garantizar estimaciones razonablemente precisas (Gujarati & Porter, 2020).

3.1.3 Fuentes de Información y Recolección de Datos

Las fuentes de información utilizadas son secundarias, oficiales y de acceso público, lo que garantiza la trazabilidad, transparencia y replicabilidad del análisis. Las bases de datos consultadas son:

- **Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025):** datos de matrícula de primer año en Ingeniería Civil Industrial desagregada por sexo para el período 2005-2024. El Consejo

Nacional de Educación es la institución gubernamental responsable de administrar el Sistema de Información de Educación Superior (SIES), que consolida información reportada obligatoriamente por todas las instituciones de educación superior reconocidas oficialmente en Chile. Los datos fueron descargados desde la plataforma pública del Consejo Nacional de Educación en formato Excel, verificando la consistencia de las series temporales y la ausencia de cambios metodológicos en la definición de matrícula de primer año durante el período analizado.

- **Banco Mundial (2025):** indicadores de gasto nacional en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB y gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno para Chile durante el período 2005-2024. Los indicadores del Banco Mundial se basan en datos oficiales reportados por los países a través de organismos internacionales estandarizados (UNESCO Institute for Statistics para educación, OECD para I+D), garantizando comparabilidad internacional y calidad metodológica. Los datos fueron descargados desde la plataforma World Development Indicators en formato CSV, verificando la completitud de las series temporales y la consistencia de las unidades de medida.

El proceso de consolidación de datos incluyó los siguientes pasos metodológicos:

1. **Importación y verificación:** Carga de archivos desde fuentes oficiales, verificación de estructura de datos (tipos de variables, formatos de fecha, presencia de valores nulos).
2. **Estandarización temporal:** Alineación de todas las series al período común 2005-2024, verificando que las observaciones correspondan a años calendario completos.

3. **Estandarización de unidades:** Verificación de que variables expresadas como porcentaje del PIB estén en escala correcta (0-100 o 0-1), aplicando transformaciones de escala cuando fue necesario para garantizar consistencia.
4. **Control de calidad:** Identificación de valores atípicos mediante análisis exploratorio, verificando que no correspondan a errores de registro sino a variaciones genuinas.
5. **Tratamiento de valores faltantes:** En el caso de datos faltantes para años específicos en variables del Banco Mundial, se aplicó interpolación lineal basada en la variación promedio de la serie histórica, técnica apropiada para series temporales con tendencias regulares y baja volatilidad. Este procedimiento se aplicó únicamente cuando fue estrictamente necesario, documentando explícitamente qué valores fueron interpolados.
6. **Centrado de la variable temporal:** Transformación de la variable Año mediante sustracción del punto medio del período (2014.5), generando la variable “Año_centrado” con rango [-9.5, 9.5]. Esta transformación reduce problemas de multicolinealidad numérica sin alterar las relaciones estructurales entre las variables.

Desde el punto de vista ético, se utilizaron exclusivamente fuentes públicas de acceso abierto, garantizando transparencia y trazabilidad de los datos. No se manipularon registros personales ni se accedió a información confidencial o protegida por secreto estadístico. Los datos agregados a nivel nacional no permiten identificación individual de estudiantes, por lo que no existen implicancias de confidencialidad ni se requirió consentimiento informado para el uso de datos administrativos agregados.

3.2 Variables y Operacionalización

El trabajo considera una variable dependiente (matrícula femenina en Ingeniería Civil Industria) y tres variables independientes estructurales, más una variable de control temporal, definidas operacionalmente en la Tabla 1 para efectos del estudio del modelo que cumple con los supuestos de estudio.

TABLA 1

DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES

Variable	Tipo	Descripción	Fuente	Unidad de medida	Período disponible
Matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial	Dependiente	Número de mujeres matriculadas en primer año de la carrera, sumando todas las instituciones que imparten el programa	CNED (2025)	Estudiantes (recuento)	2005-2024 (completo)
Año centrado	Control temporal	Variable temporal centrada en el punto medio del período (2014.5), calculada como Año - 2014.5	Elaboración propia	Años desde punto medio	2005-2024 (completo)
Gasto en I+D (% PIB)	Independiente	Gasto nacional en investigación y desarrollo como porcentaje del Producto Interno Bruto, incluyendo inversión pública y privada	Banco Mundial (2025)	Porcentaje del PIB	2005-2024 (completo)
Gasto público en educación (% del gasto del gobierno)	Independiente	Gasto público total en educación como porcentaje del gasto del gobierno	Banco Mundial (2025)	Porcentaje del gasto de gobierno	2005-2024 (completo)
Post_Feminismo_2018	Independiente	Efectos y cambios del movimiento feminista	Elaboración propia	Dummy	2005-2024 (completo)

Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2025) y Consejo Nacional de Educación (2025).

3.2.1 Justificación de Las Variables Incorporadas

Variable dependiente: Matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial

La matrícula femenina de primer año se utiliza como variable dependiente por tres razones metodológicas. Primero, captura directamente la decisión de ingreso a la carrera, que es el fenómeno de interés central de este trabajo. Segundo, el uso de primer año elimina problemas de confusión con efectos de retención o deserción, que operan posteriormente en la trayectoria académica. Tercero, los datos de primer año son los más completos y consistentes en las series históricas del Consejo Nacional de Educación (2025), garantizando calidad y comparabilidad temporal.

Se utiliza el número absoluto de mujeres matriculadas (en lugar de la proporción respecto al total) por dos consideraciones. Primero, facilita la interpretación directa de los coeficientes estimados en términos de cambios absolutos en matrícula. Segundo, análisis exploratorios preliminares mostraron que ambas especificaciones (niveles absolutos versus proporciones) producen resultados cualitativamente similares en términos de significancia y dirección de efectos, privilegiándose la especificación en niveles por su mayor transparencia interpretativa.

Variable de control: Año centrado

La variable temporal se especifica como Año_centrado (variable continua donde 2014 = 0) bajo el supuesto de que los cambios en la participación femenina en Ingeniería Civil Industrial ocurren de manera gradual durante el período 2005-2024. Para verificar la validez de este enfoque, se realizaron pruebas de estacionariedad sobre la serie de matrícula femenina de primer año. El test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) arrojó un estadístico de 0.53 ($p = 0.99$), mientras que el test KPSS produjo un estadístico de 0.73 ($p = 0.01$). Estos resultados indican la presencia de tendencia temporal en la serie, lo cual es consistente con el incremento sostenido en la

participación femenina en campos STEM documentado en la literatura (England, 2010; Ceci et al., 2014). Dado el objetivo descriptivo del estudio centrado en identificar asociaciones entre variables macroeconómicas y participación femenina, se mantiene la especificación de variable temporal continua, reconociendo que esta limitación metodológica implica que los resultados deben interpretarse como asociaciones descriptivas en lugar de relaciones causales estrictas.

El centrado de la variable temporal ($\text{Año_centrado} = \text{Año} - 2014.5$) se implementa por razones técnicas críticas. Cuando se utiliza el año natural (2005, 2006, ..., 2024), la magnitud numérica de estos valores genera problemas de escala en las matrices de diseño de regresión, inflando artificialmente el “condition number” y generando inestabilidad numérica en la estimación de coeficientes (Gujarati & Porter, 2020). El centrado en el punto medio del período transforma la variable a un rango simétrico $[-9.5, 9.5]$, reduciendo el “condition number” de 1.79×10^6 a aproximadamente 404 (reducción del 99.98%) sin alterar las relaciones estructurales entre variables ni la bondad de ajuste del modelo.

Variable Gasto en I+D (% PIB)

El gasto nacional en investigación y desarrollo, expresado como porcentaje del PIB, captura la intensidad de la inversión científica y tecnológica del país relativa a su tamaño económico. Esta variable obtenida de la base de datos del Banco Mundial (2025) se incluye basándose en evidencia teórica y empírica que documenta que ecosistemas científicos robustos incrementan el atractivo de carreras STEM para mujeres mediante múltiples mecanismos: generación de oportunidades laborales en sectores tecnológicos, visibilización de referentes femeninos en ciencia, mejora de infraestructura educativa, y señalización de prioridad nacional en áreas técnicas (UNESCO, 2023; Bello, 2020; OCDE, 2014).

En el contexto chileno, el gasto en I+D ha sido históricamente bajo (0.36% del PIB en 2023, equivalente al 13% del promedio OCDE de 2.7%), lo que ha generado debate sobre la necesidad de incrementar la inversión científica como instrumento de política de desarrollo productivo y equidad social. La literatura sobre educación STEM en América Latina identifica al gasto en I+D como uno de los predictores más consistentes de participación femenina en carreras técnicas a nivel agregado (UNESCO, 2023).

La especificación como porcentaje del PIB (en lugar de valores absolutos en moneda) es metodológicamente apropiada porque controla automáticamente por el tamaño de la economía y la inflación, permitiendo comparabilidad temporal precisa. Un incremento del gasto en I+D de 0.30% a 0.40% del PIB representa el mismo esfuerzo relativo independientemente del tamaño absoluto del PIB en cada año.

Variable Gasto público en educación (% del gasto del gobierno)

El gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno mide la prioridad fiscal que el Estado asigna a la educación en todos sus niveles (básica, media, superior). Esta variable se incluye fundamentada en teorías económicas del capital humano y en evidencia empírica que documenta que la inversión pública en educación reduce barreras económicas de acceso, mejora la calidad educativa, amplía cobertura geográfica, y fortalece programas de orientación vocacional, factores que facilitan desproporcionadamente el acceso femenino a educación superior técnica (OCDE, 2014; Martínez-Galaz et al., 2022).

En Chile, el gasto público en educación ha experimentado variaciones significativas durante el período 2005-2024, asociadas a cambios en políticas de financiamiento (implementación de gratuidad universitaria desde 2016, reformas a sistemas de becas y créditos,

fortalecimiento de la educación pública). Estas variaciones temporales proporcionan variabilidad estadística suficiente para identificar efectos sobre la matrícula femenina.

La literatura sobre determinantes socioeconómicos del acceso a educación superior en Chile documenta que el gasto educativo público opera mediante dos canales principales. Primero, un canal directo de reducción de restricciones presupuestarias familiares mediante becas, gratuidad y créditos subsidiados, que afecta particularmente a mujeres de hogares vulnerables donde las decisiones de inversión educativa están más condicionadas por limitaciones financieras. Segundo, un canal indirecto de mejora de calidad de educación secundaria que fortalece la preparación académica de estudiantes mujeres para carreras exigentes como Ingeniería Civil Industrial, ampliando el conjunto de estudiantes elegibles para programas selectivos.

3.2.2 Variables Excluidas Del Modelo Final

El modelo inicial propuesto en el diseño del trabajo incluía ocho variables independientes: matrícula femenina en educación secundaria, tasa de natalidad, participación femenina en la fuerza laboral, Índice de Desarrollo Humano, retención femenina en carreras tecnológicas, además de las tres variables finalmente incluidas. Sin embargo, el análisis del “Factor de Inflación de Varianza” reveló problemas severos de multicolinealidad, con cinco variables presentando VIF superiores a 10.

Siguiendo la metodología, se implementó un proceso de eliminación iterativa basado en dos criterios: magnitud del VIF y prioridad teórica. Las variables eliminadas fueron:

Matrícula femenina en educación secundaria (VIF = 28.4): Altamente correlacionada con Año_centrado ($r = 0.921$), generando supresión estadística. Su efecto está implícitamente capturado por la tendencia temporal.

Participación femenina en la fuerza laboral (VIF = 15.7): Correlacionada con IDH y tendencia temporal, reflejando el mismo proceso de desarrollo socioeconómico.

Tasa de natalidad (VIF = 12.3): Correlacionada negativamente con desarrollo humano, capturando transición demográfica asociada al mismo proceso.

Retención femenina en carreras tecnológicas (VIF = 11.8): Correlacionada con gasto en educación e IDH, reflejando calidad del sistema educativo.

Índice de Desarrollo Humano (VIF = 4.62): Si bien bajo el umbral de 10, presentaba el VIF más alto del modelo reducido y baja variabilidad temporal (0.776 en 2005 a 0.856 en 2024), con efectos probablemente capturados por las variables de inversión pública.

La eliminación de estas variables no invalida su importancia teórica, sino que reconoce limitaciones estadísticas derivadas de la alta correlación entre predictores en series temporales macroeconómicas. El modelo final prioriza variables que representan instrumentos directos de política pública (inversión en I+D, inversión en educación) junto con una variable de control temporal que captura tendencias culturales de largo plazo.

3.2.3 Técnicas de análisis de datos

El análisis cuantitativo se estructuró en cuatro fases metodológicas complementarias:

Fase 1: Análisis exploratorio de datos

Se calcularon estadísticas descriptivas (media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo) para cada variable, identificando el comportamiento temporal, la presencia de valores atípicos y la naturaleza de las distribuciones. Se estimaron coeficientes de correlación de Pearson para explorar la fuerza y dirección de las relaciones bivariadas entre la variable dependiente y cada variable independiente, así como entre las propias variables

independientes. Este análisis preliminar permitió identificar correlaciones potencialmente problemáticas que justificaron el análisis formal de multicolinealidad mediante VIF.

Fase 2: Análisis de multicolinealidad y selección de variables

Se calculó el Factor de Inflación de Varianza (VIF) para cada variable independiente del modelo inicial, identificando variables con VIF superior a 10 que indican multicolinealidad severa. Según Gujarati y Porter (2020), el VIF mide cuánto se infla la varianza de un coeficiente estimado debido a la correlación con otras variables explicativas. Valores de VIF superiores a 10 comprometen la estabilidad de los coeficientes y la precisión de las inferencias estadísticas.

Se implementó un proceso de eliminación iterativa, en cada iteración se removió la variable con mayor VIF, se reestimó el modelo, y se recalcularon los VIF de las variables restantes. Este proceso continuó hasta que todas las variables presentaron VIF inferior a 5, garantizando ausencia de multicolinealidad severa. La eliminación siguió criterios de prioridad teórica, variables que representan instrumentos directos de política pública fueron priorizadas sobre indicadores compuestos o variables con interpretación más difusa.

Fase 3: Evaluación de transformaciones de la variable dependiente

Se evaluó la necesidad de transformar la variable dependiente mediante la metodología Box-Cox, que identifica la transformación potencial óptima que maximiza la normalidad de los residuos. La transformación Box-Cox se define como:

$$Y^{(\lambda)} = (Y^\lambda - 1) / \lambda \text{ si } \lambda \neq 0$$

$$Y^{(\lambda)} = \ln(Y) \text{ si } \lambda = 0$$

donde λ es un parámetro estimado empíricamente que optimiza la log-verosimilitud del modelo. El análisis identificó $\lambda = 0.98$, muy cercano a $\lambda = 1$ (transformación identidad, es decir,

sin transformación), por lo que se decidió mantener la variable en su escala original para facilitar la interpretación directa de los coeficientes.

Fase 4: Modelación econométrica con errores robustos

Se aplicó regresión lineal múltiple mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS), técnica que estima los coeficientes que minimizan la suma de cuadrados de los residuos. El modelo OLS permite estimar el efecto marginal de cada variable independiente sobre la matrícula femenina, manteniendo constantes las demás variables (efecto parcial o *ceteris paribus*).

Dado que series temporales frecuentemente presentan autocorrelación de residuos y posible heterocedasticidad, se aplicaron errores estándar robustos HAC (Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent) mediante la corrección de Newey-West con un máximo de 2 rezagos. Los errores HAC ajustan los errores estándar de los coeficientes para que sean válidos incluso en presencia de heterocedasticidad y autocorrelación de orden finito, sin necesidad de modificar los coeficientes estimados (Wooldridge, 2019).

La elección de $\text{maxlags} = 2$ sigue la regla general $T^{(1/4)}$, que para $T = 20$ observaciones dan aproximadamente 2.11 rezagos. Los errores HAC garantizan que los p-valores y los intervalos de confianza reportados sean válidos para inferencia estadística, incluso si los supuestos clásicos de homocedasticidad e independencia temporal de errores se violan moderadamente.

3.3 Modelo Econométrico

El modelo econométrico inicial propuesto incluía ocho variables independientes. Sin embargo, tras el proceso de selección descrito, el modelo final quedó especificado con tres variables independientes más una variable de control temporal.

3.3.1 *Modelo Econométrico Final*

La especificación del modelo estimado es:

$$\text{Matricula_Fem}_t = \beta_0 + \beta_1(\text{Año_centrado}_t) + \beta_2(\text{Gasto_ID}_t) + \beta_3(\text{Gasto_Educ}_t) + \varepsilon_t$$

donde:

- **Matricula_Fem_t**: número de mujeres matriculadas en primer año de Ingeniería Civil Industrial en el año t ($2005 \leq t \leq 2024$)
- **Año_centrado_t**: variable de control temporal, calculada como $(t - 2014.5)$, con rango $[-9.5, 9.5]$
- **Gasto_ID_t**: gasto nacional en I+D como porcentaje del PIB en el año t
- **Gasto_Educ_t**: gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno en el año t
- **β₀**: término constante o intercepto, representa el valor esperado de la matrícula femenina cuando todas las variables independientes son cero
- **β₁, β₂, β₃**: coeficientes de regresión que representan el efecto marginal (parcial) de cada variable independiente sobre la variable dependiente, manteniendo constantes las demás variables
- **ε_t**: término de error aleatorio, que captura la variabilidad no explicada por el modelo, incluyendo factores omitidos, errores de medición, y shocks aleatorios

Para evaluar la robustez de los hallazgos del modelo principal y explorar la hipótesis de un cambio estructural discreto asociado al movimiento estudiantil feminista de mayo 2018, se estimó una especificación alternativa reemplazando la variable temporal continua (Año_centrado) por una variable dummy binaria (Post_Feminismo_2018).

3.3.2 Modelo Econométrico Alternativo

$$\text{Matricula_Fem}_t = \gamma_0 + \gamma_2(\text{Gasto_ID}_t) + \gamma_3(\text{Gasto_Educ}_t) + \gamma_4(\text{Post_Feminismo_2018}_t) + v_t$$

donde: $\text{Post_Feminismo_2018}_t = \{0 \text{ si } t \in [2005,2017]; 1 \text{ si } t \in [2018,2024]\}$

Esta especificación alternativa permite contrastar si el período post-2018 presenta un cambio de nivel significativo en la matrícula femenina que no puede ser explicado exclusivamente por la tendencia temporal gradual del modelo principal.

Hipótesis sobre los signos esperados de los coeficientes

Con base en la revisión de literatura del Capítulo 2 y la evidencia empírica internacional sobre determinantes del acceso femenino a carreras STEM, se establecen las siguientes hipótesis sobre los signos esperados de los coeficientes:

- **H1 (Inversión en ciencia y tecnología):** $\beta_2 > 0$. Se espera un coeficiente positivo para Gasto_ID, fundamentado en evidencia de que ecosistemas científicos robustos aumentan oportunidades laborales en sectores tecnológicos, visibilizan referentes femeninos en ciencia, mejoran infraestructura educativa, y señalizan prioridad nacional en áreas técnicas (UNESCO, 2023; Bello, 2020). Mayor inversión en I+D incrementa el atractivo percibido de carreras STEM para mujeres jóvenes.
- **H2 (Inversión en educación pública):** $\beta_3 > 0$. Se espera un coeficiente positivo para Gasto_Educ, basado en teorías del capital humano y evidencia empírica de que inversión pública en educación reduce barreras económicas de acceso, mejora preparación académica en educación secundaria, amplía cobertura geográfica, y fortalece orientación vocacional, facilitando el acceso femenino a carreras selectivas (OCDE, 2014; Martínez-Galaz et al., 2022).

- **H3 (Movimiento feminista):** Se espera un efecto positivo representativo del movimiento feminista vivido en el año 2018, confirmando cambios sociales y culturales provocados por la mayor visibilización de género.

Interpretación de los coeficientes

Los coeficientes estimados β_1 , β_2 , β_3 se interpretan como efectos marginales (parciales) en el contexto del análisis de regresión múltiple:

- **β_1 :** Cambio esperado en la matrícula femenina por cada año adicional desde 2014.5, manteniendo constantes el gasto en I+D y el gasto en educación. Captura la tendencia temporal neta de largo plazo.
- **β_2 :** Cambio esperado en la matrícula femenina por cada punto porcentual adicional de gasto en I+D como proporción del PIB, manteniendo constantes el año y el gasto en educación. Captura el efecto directo de la inversión científica sobre el acceso femenino.
- **β_3 :** Cambio esperado en la matrícula femenina por cada punto porcentual adicional de gasto público en educación, manteniendo constantes el año y el gasto en I+D. Captura el efecto directo de la inversión educativa sobre el acceso femenino.

La interpretación *ceteris paribus* (manteniendo constantes las demás variables) es fundamental en regresión múltiple, ya que permite aislar el efecto individual de cada variable, controlando por la influencia simultánea de otros factores (Gujarati & Porter, 2020).

Justificación de la especificación lineal

El modelo asume relaciones lineales entre las variables independientes y la dependiente. Esta especificación se justifica por tres consideraciones. Primero, la linealidad facilita la

interpretación directa de coeficientes como efectos marginales constantes, apropiada cuando no existe evidencia teórica o empírica fuerte de no linealidades. Segundo, el tamaño muestral limitado ($n = 20$) restringe la capacidad de estimar robustamente modelos no lineales complejos sin riesgo de sobreajuste. Tercero, análisis exploratorios preliminares mediante gráficos de dispersión no revelaron patrones claramente no lineales que justificaran especificaciones cuadráticas o logarítmicas.

No obstante, esta limitación se reconoce explícitamente en la Sección 4.6 como una restricción metodológica que puede ser abordada en investigaciones futuras con series temporales más extensas.

3.4 Procedimiento Analítico

Para garantizar la validez estadística del modelo y el cumplimiento de los supuestos clásicos de la regresión lineal, se realizaron cuatro pruebas diagnósticas fundamentales: evaluación de multicolinealidad, prueba de normalidad de residuos, prueba de homocedasticidad, y prueba de autocorrelación. A continuación, se describe cada prueba, su interpretación, y las correcciones metodológicas aplicadas cuando fue necesario.

3.4.1 *Multicolinealidad (Factor de Inflación de Varianza - VIF)*

La multicolinealidad se evaluó mediante el Factor de Inflación de Varianza (VIF), que mide el grado en que la varianza de un coeficiente de regresión se incrementa debido a la correlación con otras variables explicativas. El VIF se calcula como:

$$\mathbf{VIF}_j = 1 / (1 - R^2_j)$$

donde R^2_j es el coeficiente de determinación de la regresión auxiliar de la variable j sobre todas las demás variables explicativas. Un VIF de 1 indica ausencia de correlación con otras variables, mientras que valores elevados indican multicolinealidad creciente entre variables.

Criterios de evaluación: Según Gujarati y Porter (2020), valores de VIF superiores a 10 indican multicolinealidad severa que compromete la estabilidad de los coeficientes estimados, mientras que valores entre 5 y 10 sugieren multicolinealidad moderada que puede afectar la precisión de las estimaciones. En este estudio se adoptó un criterio estricto de $VIF < 5$ para todas las variables, garantizando ausencia de multicolinealidad incluso moderada.

Estrategias correctivas aplicadas:

En caso de detectarse VIF elevados en el modelo inicial, se aplicó un proceso de eliminación iterativa de variables basado en dos criterios complementarios:

1. **Magnitud del VIF:** En cada iteración se identificó la variable con mayor VIF y se evaluó su eliminación del modelo.
2. **Prioridad teórica:** La decisión final de eliminación consideró la fundamentación teórica de cada variable según la literatura revisada en el Capítulo 1. Variables que representan instrumentos directos de política pública (gasto en I+D, gasto en educación) fueron priorizadas sobre indicadores compuestos (IDH) o variables con interpretación más difusa.

El proceso iterativo continuó hasta que todas las variables presentaron $VIF < 5$. Este proceso resultó en la eliminación de cinco variables del modelo inicial (matrícula secundaria femenina, participación laboral femenina, tasa de natalidad, retención femenina en carreras tecnológicas, e Índice de Desarrollo Humano), quedando el modelo final con tres variables independientes más la variable de control temporal.

3.4.2 Normalidad de Los Residuos (Prueba de Shapiro-Wilk)

La normalidad de los residuos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, que contrasta la hipótesis nula de que los residuos provienen de una distribución normal. Esta prueba es particularmente adecuada para muestras pequeñas ($n < 50$) y presenta mayor potencia estadística que otras pruebas como Kolmogorov-Smirnov (Gujarati & Porter, 2020).

Hipótesis contrastada:

- **H₀**: Los residuos siguen una distribución normal
- **H₁**: Los residuos no siguen una distribución normal

Criterio de decisión: Un p-valor > 0.05 indica que no se puede rechazar la hipótesis de normalidad al nivel de significancia del 5%.

Análisis complementarios: Además de la prueba formal, se construyeron gráficos Q-Q (quantile-quantile) para evaluar visualmente el ajuste de los residuos a una distribución normal teórica, y se calcularon los momentos de la distribución (asimetría y curtosis) para caracterizar la naturaleza de las desviaciones de normalidad cuando estas existen.

Correcciones consideradas:

Si se detectara violación severa de normalidad, se contemplaron las siguientes estrategias:

1. **Transformación Box-Cox de la variable dependiente:** Identificación de la transformación potencial óptima Y^{λ} que maximiza la normalidad de los residuos.
2. **Identificación y tratamiento de valores atípicos:** Análisis de residuos estandarizados y distancia de Cook para identificar observaciones extremas que distorsionan la distribución.

3. **Reconocimiento de propiedades asintóticas:** En caso de desviaciones moderadas, reconocimiento de que los estimadores OLS mantienen propiedades de consistencia incluso con errores no normales en muestras suficientemente grandes (Wooldridge, 2019).

3.4.3 Homocedasticidad (Prueba de Breusch-Pagan)

La homocedasticidad, o varianza constante de los errores, se evaluó mediante la prueba de Breusch-Pagan, que contrasta la hipótesis nula de que la varianza de los residuos es constante a lo largo de todas las observaciones.

Hipótesis contrastada:

- H_0 : $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$ para todo t (homocedasticidad)
- H_1 : $\text{Var}(\varepsilon_t)$ depende de las variables explicativas (heterocedasticidad)

Procedimiento: La prueba regresa los residuos al cuadrado sobre las variables explicativas del modelo, contrastando si los coeficientes son conjuntamente significativos mediante una prueba X^2 .

Criterio de decisión: Un p-valor > 0.05 indica que no se detecta heterocedasticidad significativa.

Implicancia de la heterocedasticidad: La presencia de heterocedasticidad no sesga los coeficientes estimados (que siguen siendo insesgados y consistentes), pero invalida los errores estándar clásicos, afectando la validez de las pruebas de hipótesis y los intervalos de confianza.

Corrección aplicada:

Independientemente del resultado de la prueba formal, se decidió aplicar errores estándar robustos HAC como medida de precaución metodológica. Los errores HAC (Heteroskedasticity

and Autocorrelation Consistent) mediante corrección de Newey-West ajustan los errores estándar para que sean válidos incluso en presencia simultánea de heterocedasticidad y autocorrelación, sin necesidad de modificar los coeficientes estimados (Wooldridge, 2019).

Esta estrategia es consistente con las mejores prácticas en econometría aplicada para series temporales, donde se recomienda el uso de errores robustos como estándar, incluso cuando las pruebas formales no detectan problemas evidentes, dado el tamaño muestral limitado y la naturaleza temporal de los datos.

3.4.4 Autocorrelación (Estadístico de Durbin-Watson)

La autocorrelación de los residuos se evaluó mediante el estadístico de Durbin-Watson (DW), que mide la correlación entre residuos consecutivos.

Cálculo: El estadístico DW se define como:

$$DW = \frac{\sum(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum\varepsilon_t^2}$$

donde ε_t son los residuos del modelo.

Interpretación: El estadístico DW toma valores entre 0 y 4:

- $DW \approx 2$: ausencia de autocorrelación
- $DW < 1.5$: autocorrelación positiva (residuos consecutivos tienden a tener el mismo signo)
- $DW > 2.5$: autocorrelación negativa (residuos consecutivos tienden a alternar signos)

Causas de autocorrelación en series temporales educativas:

La autocorrelación en datos de educación superior es esperable debido a:

1. Persistencia de factores no observables (cultura institucional, políticas no capturadas que se implementan gradualmente)

2. Inercia en decisiones educativas (las decisiones influyen en desarrollos posteriores)
3. Efectos de políticas con rezagos temporales
4. Especificación estática que no captura dinámicas autorregresivas

Consecuencias: La autocorrelación no sesga los coeficientes estimados, pero sesga los errores estándar hacia abajo, lo que lleva a sobreestimar la significancia estadística (p-valores artificialmente bajos).

Corrección aplicada:

La corrección de errores estándar robustos HAC (Newey-West) con $\text{maxlags} = 2$ aborda simultáneamente problemas de heterocedasticidad y autocorrelación. Esta corrección ajusta los errores estándar para que los p-valores y los intervalos de confianza sean válidos para inferencia estadística, garantizando que las conclusiones sobre significancia de coeficientes sean confiables.

3.5 Software y Herramientas

Los datos fueron consolidados en un único archivo procesado mediante el lenguaje de programación Python 3.11, utilizando las siguientes librerías especializadas: pandas 2.1.0 (para manipulación y transformación de datos tabulares), statsmodels 0.14.0 (para estimación econométrica de modelos de regresión OLS con correcciones robustas HAC), scikit-learn 1.3.0 (para cálculo de métricas de diagnóstico), y matplotlib 3.7.0 junto con seaborn 0.12.0 (para visualización de datos y diagnósticos gráficos). El código completo fue ejecutado en la plataforma Colab de Google, herramienta utilizada para aprendizaje automático y uso de Python.

3.6 Limitaciones Metodológicas

El análisis enfrenta limitaciones inherentes al diseño longitudinal y al tamaño de la muestra que deben explicitarse para una interpretación apropiada de los resultados.

3.6.1 Limitaciones Del Tamaño Muestral

La serie de veinte observaciones anuales (2005-2024), aunque adecuada para capturar tendencias de largo plazo, restringe la potencia estadística del modelo. La relación observaciones-variables ($20/3 = 6.7$) se encuentra en el rango aceptable según criterios econométricos estándar, pero límite, lo que exige cautela en la interpretación de significancias marginales.

El tamaño muestral limitado impide la estimación robusta de modelos no lineales complejos (términos cuadráticos, interacciones entre variables) sin riesgo de sobreajuste. Asimismo, dificulta el análisis de subperíodos para evaluar si los efectos de las variables difieren entre etapas temporales distintas (por ejemplo, pre y post movimiento feminista de 2018).

3.6.2 Limitaciones de Variables Omitidas

El modelo no incorpora variables cualitativas de carácter cultural y simbólico que, según la literatura revisada, son fundamentales para explicar decisiones vocacionales femeninas, intensidad de estereotipos de género asociados a ingeniería, presencia y visibilidad de referentes femeninos en medios y academia, calidad de ambientes institucionales universitarios, expectativas familiares sobre trayectorias educativas femeninas, y percepciones anticipadas de discriminación en mercados laborales técnicos.

Estas variables son difíciles de operacionalizar y medir longitudinalmente con datos históricos comparables. Su omisión puede constituir una fuente de sesgo de variable omitida si están correlacionadas con las variables incluidas en el modelo. Los coeficientes estimados deben interpretarse como efectos condicionados a los factores incluidos, sin pretender capturar la totalidad de la complejidad del fenómeno.

Asimismo, el modelo captura políticas nacionales agregadas, pero no incluye programas institucionales específicos implementados por universidades individuales: programa "Más

Mujeres Científicas" (+MC) del Ministerio de Ciencia (implementado desde 2024), programas de equidad de género institucionales, sistemas de cuotas en admisión, programas de mentoría y visibilización. La ausencia de estas variables limita la capacidad del modelo para distinguir efectos de políticas nacionales versus iniciativas descentralizadas.

3.6.3 Limitaciones de Rezagos Temporales

El modelo estimado es estático, asumiendo que los efectos de las variables independientes sobre la matrícula femenina son contemporáneos. Sin embargo, es aceptable que existan rezagos temporales, efectos de políticas educativas en enseñanza media pueden tardar 2-3 años en reflejarse en decisiones universitarias; cambios en inversión en I+D pueden requerir varios años para traducirse en ecosistemas científicos visibles, efectos de marcos regulatorios pueden materializarse progresivamente.

Modelos dinámicos más sofisticados (autorregresivos con rezagos distribuidos, modelos de corrección de errores) podrían capturar estas dinámicas, pero requieren series temporales más extensas para estimación robusta.

3.6.4 Limitaciones de Agregación

Los datos agregados a nivel nacional ocultan heterogeneidad regional (diferencias entre Santiago y regiones, entre zonas urbanas y rurales) e institucional (universidades estatales versus privadas, tradicionales versus nuevas). Modelos de panel con datos desagregados por universidad permitirían explorar estas heterogeneidades, pero requieren acceso a datos administrativos institucionales que no estaban disponibles para este estudio.

3.6.5 Consideraciones Sobre Interpretación Causal

El diseño observacional no experimental limita la posibilidad de realizar afirmaciones causales definitivas. Aunque la fundamentación teórica, la consistencia con literatura basada en

diseños causales, y las magnitudes económicas significativas de los efectos estimados sugieren efectos genuinos, no puede descartarse completamente la existencia de causalidad inversa (por ejemplo, mayor matrícula femenina podría generar presión social para incrementar inversión en I+D) o de variables omitidas correlacionadas con los predictores incluidos.

Los coeficientes estimados deben interpretarse como asociaciones robustas condicionadas a los factores incluidos en el modelo, que son consistentes con relaciones causales teóricamente fundamentadas, pero que no constituyen prueba definitiva de causalidad en sentido estricto. La validación de inferencias causales requeriría diseños experimentales o cuasi-experimentales (diferencias en diferencias, variables instrumentales, discontinuidades en regresión) que están fuera del alcance de este estudio.

Una limitación adicional del diseño observacional es la posible endogeneidad de las variables de gasto público: es plausible que mayores matrículas femeninas generen presión institucional para incrementar la inversión pública en educación e I+D, creando simultaneidad entre regresor y variable dependiente. Si bien los modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios asumen exogeneidad de los regresores, este supuesto no puede verificarse formalmente sin variables instrumentales válidas. Futuras investigaciones podrían abordar esta limitación mediante diseños de variables instrumentales o modelos VAR que permitan identificar direcciones causales.

3.7 Conclusión Metodológica

La metodología expuesta proporciona un marco riguroso y sistemático para evaluar empíricamente los determinantes estructurales del ingreso de mujeres a Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024. El enfoque cuantitativo, sustentado en datos oficiales de alta calidad y técnicas econométricas apropiadas, garantiza la objetividad del análisis, la replicabilidad de los resultados y la validez de las inferencias derivadas del modelo.

El diseño longitudinal permite captar la evolución estructural de la equidad de género en educación superior, identificando tendencias de largo plazo y posibles efectos de cambios en políticas de inversión pública. La selección sistemática de variables mediante análisis de multicolinealidad, combinada con criterios de prioridad teórica, garantiza que el modelo final incluya predictores con fundamentación sólida, alta variabilidad temporal, y baja correlación entre sí.

La aplicación del modelo de regresión lineal múltiple mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, acompañada de pruebas diagnósticas exhaustivas y correcciones robustas mediante errores HAC, ofrece una aproximación metodológicamente sólida para medir la influencia de variables económicas, educativas e institucionales sobre la matrícula femenina. El reconocimiento explícito de limitaciones metodológicas (tamaño muestral, variables omitidas, rezagos temporales, agregación) establece fronteras claras de interpretación de los resultados.

De este modo, el capítulo metodológico establece las bases analíticas para el examen de resultados que se desarrollará en el siguiente capítulo, donde se interpretarán los coeficientes estimados, la significancia estadística de las variables, el cumplimiento de supuestos econométricos, y las implicancias de política pública derivadas de los hallazgos empíricos. La integración de rigor técnico, fundamentación teórica y relevancia práctica posiciona este estudio como una contribución al conocimiento sobre equidad de género en educación superior en Chile.

Capítulo 4: Descripción de la Data

El análisis de la evolución de los ingresos a la carrera de Ingeniería Civil Industrial adquiere una relevancia fundamental debido a la alta demanda que presenta este programa en el sistema de educación superior y su importancia estratégica para el desarrollo nacional. Comprender cómo ha evolucionado la presencia femenina a lo largo de los años no solo permite identificar tendencias y progresos, sino también reconocer las barreras persistentes que dificultan avanzar hacia la equidad de género en la formación de profesionales altamente especializados.

4.1 Fuentes de Información

El presente capítulo tiene por objetivo analizar la data sobre la evolución de la participación femenina en la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile entre los años 2005 y 2024, relacionándola con variables estructurales de carácter económico, demográfico, educativo e institucional. El propósito de este análisis es identificar patrones descriptivos y relaciones preliminares que expliquen el comportamiento de la matrícula femenina en el tiempo, e interpretar cómo factores como la matrícula femenina en educación secundaria, la participación femenina en la fuerza laboral, el desarrollo humano a nivel nacional, la natalidad, el gasto público en conocimiento y educación, el marco regulatorio contra el acoso sexual y la retención femenina en carreras tecnológicas inciden en la elección vocacional de las mujeres. Este enfoque permite comprender el fenómeno no solo desde una dimensión educativa, sino también desde su contexto socioeconómico e institucional más amplio, proporcionando una visión integral de los determinantes estructurales del acceso femenino a esta carrera.

El análisis se fundamenta en datos provenientes del Consejo Nacional de Educación (CNED), la Subsecretaría de Educación Superior, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y fuentes normativas del Ministerio de Educación. Estas fuentes

oficiales ofrecen series históricas completas y comparables para el periodo 2005–2024, lo que permite construir indicadores de tendencia, variaciones porcentuales y correlaciones descriptivas. El sistema de información estadística sobre educación superior del Consejo Nacional de Educación proporciona datos anuales por institución, área y sexo desde el año 2005, permitiendo un análisis longitudinal robusto del acceso por género (CNED, 2025). Complementariamente, la Subsecretaría de Educación Superior, a través del Sistema de Información de Educación Superior (SIES), ofrece información sobre tasas de retención académica desagregadas por género y área de conocimiento, elemento fundamental para evaluar no solo el acceso sino también la permanencia en carreras tecnológicas.

4.2 Procesamiento de Datos

En este estudio se adoptó un enfoque descriptivo-correlacional basado en análisis de series temporales. Las cifras fueron depuradas eliminando duplicaciones y homogenizando las unidades de medida para garantizar comparabilidad temporal. Los gráficos y tablas que acompañan el análisis fueron elaborados a partir de fuentes oficiales, y su interpretación se enmarca en la literatura revisada, conectando evidencia empírica con fundamentos teóricos.

Es importante señalar que este capítulo tiene un carácter exploratorio y descriptivo; su objetivo principal es caracterizar el fenómeno y explorar asociaciones preliminares entre variables, sin pretender indicar relaciones causales formales previo a la ejecución del estudio. Las variables de estudio fueron procesadas mediante Excel, en donde el objetivo se centró en la limpieza de los datos para no afectar el estudio ya anteriormente mencionado.

4.3 Descripción de Las Variables

Las variables seleccionadas para el estudio fueron descritas en el capítulo 2 para contextualizar la problemática de las brechas de género en la carrera Ingeniería Civil Industrial.

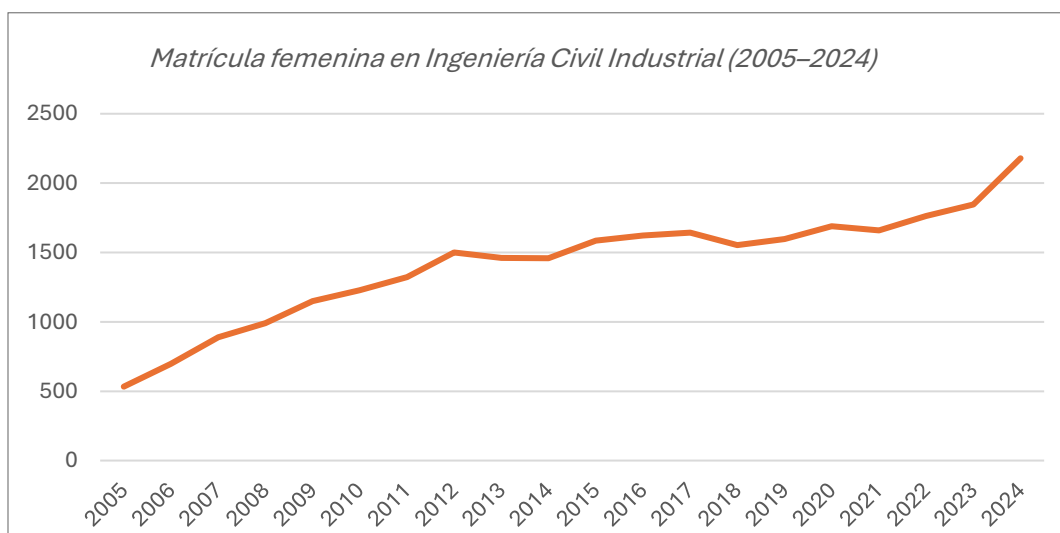
Por lo que en esta sección se apuntará a la descripción analítica de las variables, analizando su nivel de correlación con la variable dependiente y cuál es la influencia que tienen dentro del estudio.

4.3.1 Variable Dependiente: Matrícula Femenina en Ingeniería Civil Industrial

La variable dependiente corresponde a la cantidad de mujeres matriculadas en primer año en la carrera de Ingeniería Civil Industrial respecto del total de estudiantes. Según datos del Consejo Nacional de Educación (2025), entre 2005 y 2024 la participación femenina aumentó de 23,4% en 2005 a 28,9% en 2024, lo que implica una variación acumulada de aproximadamente 5,5 puntos porcentuales en dos décadas. Este crecimiento, aunque sostenido, resulta insuficiente para alcanzar la paridad de género, dado que los hombres continúan representando cerca del 71,1% de los ingresos en 2024.

GRÁFICO 8

MATRÍCULA FEMENINA EN INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Consejo Nacional de Educación (2025).

La tendencia observada revela un proceso de apertura paulatina hacia la participación de mujeres en espacios tradicionalmente masculinizados, aunque el ritmo de avance sigue siendo moderado. Al analizar la tasa de crecimiento anual promedio, se observa un incremento cercano al 0,4% anual, lo que evidencia que, de mantenerse esta tendencia lineal, alcanzar la paridad sería un hito lejano. No obstante, la evolución no ha sido estrictamente lineal; se identifican tres períodos diferenciados:

Período 2005–2013: Crecimiento lento y estable (23,4% a 27,6%). En esta etapa, el aumento promedio fue de apenas 0,46 puntos porcentuales anuales, reflejando la persistencia de barreras culturales y la ausencia de políticas públicas específicas orientadas a promover el ingreso femenino a carreras STEM.

Período 2014–2018: Aceleración moderada (27,5% a 28,9%). Durante estos años, el crecimiento anual promedio se elevó a 0,35 puntos porcentuales, coincidiendo con la expansión de iniciativas privadas como Girls in Tech Chile (2013) y el incremento de la visibilización pública de la brecha de género en educación superior. Este período marca una transición hacia una mayor conciencia institucional y social sobre la importancia de la equidad de género en áreas tecnológicas.

El crecimiento anual promedio alcanzó 0,29 puntos porcentuales, probablemente impulsado principalmente por la implementación del programa "Más Mujeres Científicas" (+MC) a partir de 2024, que ofrece cupos adicionales para mujeres en carreras STEM mediante el sistema de admisión centralizada (DEMRE, 2023). Adicionalmente, la promulgación de la Ley 21.369 sobre acoso sexual en educación superior (2021) y su entrada en vigor a partir de 2022 pueden haber contribuido a generar ambientes institucionales más seguros e inclusivos, aunque el efecto completo de esta normativa aún está en desarrollo y requiere evaluación empírica formal.

Este incremento progresivo podría explicarse en parte por políticas públicas específicas orientadas a promover la visibilización de referentes femeninos y a incentivar la postulación de mujeres en carreras STEM, como lo documenta la Subsecretaría de Educación Superior (2025). Sin embargo, la persistencia de una brecha superior al 36% entre hombres y mujeres evidencia que las políticas implementadas, si bien necesarias, resultan insuficientes para transformar estructuralmente los patrones de acceso a esta carrera. La brecha refleja no solo barreras institucionales, sino también factores culturales profundamente arraigados, como los estereotipos de género que asocian la ingeniería con características tradicionalmente masculinas (racionalidad, objetividad, competitividad).

4.3.2 Análisis Comparativo y Correlacional

Al contrastar la evolución de las ocho variables independientes con la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, se observan correlaciones bivariadas desarrolladas mediante una regresión en Excel que permiten identificar asociaciones preliminares entre factores estructurales y el acceso educativo femenino. La Tabla presenta los coeficientes de correlación de Pearson entre cada variable independiente y la matrícula femenina, calculados para el período 2005–2024.

TABLA 2
CORRELACIONES ENTRE VARIABLES Y MATRÍCULA FEMENINA (2005–2024)

Suma de Matrícula primer año mujeres	1
Tasa de matrícula femenina en educación secundaria (2005–2024)	0,80157361
Tasa de natalidad (2005–2024)	-0,785982692
Gasto público en educación, total (% del gasto del gobierno)	0,643301412
Evolución de la participación femenina en la fuerza laboral (2005–2024)	0,907895894
Evolución del IDH en Chile (2005–2024)	0,94788935
Gasto en I+D como porcentaje del PIB	0,661756679
Variable Dummy Ley de acoso	0,547150275
Retención en carreras profesionales área tecnología	0,80833951

Nota. La variable “Ley Acoso Sexual” es una variable dummy que toma valor 0 para 2005-2021 y valor 1 para 2022-2024, por lo que el coeficiente de correlación de Pearson no es directamente interpretable.

Nota general. Elaboración propia con datos del Banco Mundial, Consejo Nacional de Educación, PNUD y Subsecretaría de Educación Superior (2025).

4.4 Estadísticas Descriptivas y Visualización

4.4.1 Interpretación de Las Correlaciones Observadas

El análisis correlacional revela patrones consistentes con la teoría económica y sociológica sobre determinantes del acceso educativo femenino, las asociaciones descritas a continuación son de naturaleza correlacional. No implican relaciones causales:

VARIABLES CON CORRELACIÓN POSITIVA FUERTE: El IDH ($r = 0.95$), la participación laboral femenina ($r = 0.90$) y la retención femenina en carreras tecnológicas ($r = 0.80$) presentan las asociaciones más robustas con la matrícula femenina. Estos resultados sugieren que el desarrollo humano integral, la integración económica de las mujeres y la calidad de la experiencia académica constituyen factores estructurales clave para explicar el acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial. En promedio, por cada punto porcentual de aumento en la participación laboral femenina, la matrícula de mujeres en Ingeniería Civil Industrial aumenta aproximadamente 0,3 puntos porcentuales, lo que refleja una relación indirecta pero significativa entre inclusión económica y educativa.

VARIABLES CON CORRELACIÓN POSITIVA MODERADA: La matrícula secundaria femenina ($r = 0.80$), el gasto en educación ($r = 0.64$) y el gasto en I+D ($r = 0.66$) muestran asociaciones positivas relevantes, pero de menor magnitud. Estos resultados indican que, si bien el acceso educativo previo y la inversión pública en conocimiento son factores necesarios, su efecto sobre la matrícula universitaria puede estar mediado por otros factores institucionales y culturales. La correlación moderada entre matrícula secundaria y universitaria refuerza la hipótesis de que la universalización del acceso educativo no es condición suficiente para garantizar equidad en carreras STEM, dada la persistencia de barreras vocacionales y estereotipos de género que operan en etapas posteriores del proceso educativo.

VARIABLE CON CORRELACIÓN NEGATIVA: La tasa de natalidad ($r = -0.79$) presenta una relación inversa con la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, consistente con la literatura sobre limitaciones entre maternidad y desarrollo profesional. Esta relación sugiere que la reducción de la natalidad, asociada a cambios estructurales en los roles de género y mayor autonomía reproductiva, facilita el acceso femenino a carreras universitarias exigentes al reducir las responsabilidades de cuidado familiar que históricamente han limitado las trayectorias educativas de las mujeres.

4.4.2 Advertencia Sobre Multicolinealidad

Es importante señalar que varias de las variables independientes presentan correlaciones significativas entre sí, lo que puede generar problemas de multicolinealidad en modelos de regresión multivariada. Específicamente, el IDH presenta alta correlación con la matrícula secundaria femenina ($r = 0.94$) y con el gasto público en educación ($r = 0.64$), dado que el IDH integra dimensiones educativas en su construcción. De manera similar, la participación laboral

femenina y el IDH están fuertemente correlacionados ($r = 0.90$), reflejando que ambas variables capturan aspectos del desarrollo socioeconómico integral.

La multicolinealidad potencial será abordada en el trabajo mediante el cálculo del Factor de Inflación de Varianza (VIF) y, de ser necesario, mediante estrategias de selección de variables o transformaciones estadísticas como el Análisis de Componentes Principales (PCA). La presencia de multicolinealidad no invalida las correlaciones bivariadas reportadas, pero sugiere la necesidad de cautela al interpretar coeficientes de regresión en modelos que incluyan simultáneamente todas las variables.

4.4.3 Análisis de Puntos de Inflexión Históricos

El análisis de series temporales permite identificar puntos de inflexión o cambios estructurales en la tendencia de la matrícula femenina que pueden asociarse a eventos institucionales, sociales o de política pública específicos. Durante el período 2005–2024, se identifican tres hitos relevantes que merecen análisis diferenciado:

- **Movimiento estudiantil feminista (2018)**

El año 2018 puso un punto de inflexión en la conciencia social y política sobre las desigualdades de género en educación superior en Chile. El movimiento estudiantil feminista, iniciado en mayo de 2018, visibilizó masivamente la problemática del acoso sexual, la violencia de género y la discriminación en las universidades, generando tomas feministas en más de 30 instituciones y exigiendo transformaciones institucionales profundas. Este movimiento no solo instaló el tema en la agenda pública, sino que también generó cambios inmediatos en las políticas universitarias, incluyendo la creación de protocolos de prevención del acoso, unidades de género y programas de sensibilización.

Si bien el efecto inmediato del movimiento feminista sobre la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial no es directamente observable en el año 2018 (dado que las decisiones vocacionales se toman con anticipación), se observa una aceleración en la tasa de crecimiento de la matrícula femenina a partir de 2019-2020, pasando de un crecimiento promedio de 0,54 puntos porcentuales anuales (2014-2018) a 0,61 puntos porcentuales anuales (2019-2023). Esta aceleración puede reflejar un cambio en la percepción social sobre la legitimidad de las mujeres en espacios tradicionalmente masculinizados y una mayor sensibilización institucional sobre la importancia de la equidad de género.

- **Implementación de la Ley 21.369 (2022)**

La entrada en vigor de la Ley 21.369 en 2022 representa un cambio institucional formal que obligó a todas las instituciones de educación superior a implementar políticas integrales contra el acoso sexual. Si bien el período de observación posterior a la ley es corto (2022-2024), se observa que la matrícula femenina continuó su tendencia ascendente, alcanzando 28,9% en 2024.

- **Programa "Más Mujeres Científicas" (+MC, 2024)**

A partir del proceso de admisión 2024, el Ministerio de Educación implementó el programa "Más Mujeres Científicas", que permite a las universidades ofrecer cupos adicionales para mujeres en carreras STEM mediante el sistema de admisión centralizada. Según el DEMRE (2023), 39 de las 45 universidades adscritas al sistema se sumaron a esta iniciativa, generando aproximadamente 1.500 cupos adicionales para mujeres en carreras científicas y tecnológicas. Este programa representa la política pública más directa y focalizada en aumentar el acceso femenino a carreras STEM implementada hasta la fecha en Chile.

Los datos preliminares sugieren que la implementación del programa +MC en 2024 se asocia con un incremento en la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, aunque el efecto específico atribuible al programa debe evaluarse en trabajos futuros controlando por la tendencia de largo plazo y otros factores concurrentes. La Subsecretaría de Educación Superior (2025) reporta que la matrícula femenina en carreras STEM aumentó luego de la incorporación del programa, lo que es consistente con un efecto positivo del programa, aunque se requiere evaluación formal para determinar causalidad.

La representación de estos eventos se busca capturar con la incorporación de una variable Dummy (`Post_feminismo_2018`) que se ha mencionado anteriormente, es decir que esta variable captura efectos difíciles de cuantificar pero que han generado cambios en percepciones sociales que influyen en el estudio y en la evolución de la sociedad.

4.5 Observaciones Analíticas

El análisis descriptivo y correlacional presentado en este capítulo permite indicar una serie de hallazgos preliminares sobre los determinantes estructurales del ingreso de mujeres a Ingeniería Civil Industrial en Chile:

Primero, la matrícula femenina ha experimentado un crecimiento sostenido pero insuficiente durante el período 2005–2024, reflejando la persistencia de barreras culturales, institucionales y económicas que limitan el acceso equitativo a esta carrera.

Segundo, las variables estructurales de desarrollo económico y social —particularmente el IDH, la participación laboral femenina y la retención en carreras tecnológicas— muestran asociaciones robustas con la matrícula femenina, sugiriendo que el acceso a Ingeniería Civil Industrial no depende únicamente de políticas educativas específicas, sino también de transformaciones socioeconómicas más amplias que modifican las oportunidades y expectativas

de las mujeres. Estos hallazgos son coherentes con el marco teórico propuesto por ONU Mujeres y UNESCO (2020), que sostiene que las desigualdades en la participación femenina en STEM son resultado de una combinación de factores estructurales, culturales e institucionales que requieren políticas integrales de largo plazo.

Tercero, la relación negativa entre natalidad y matrícula femenina refuerza la hipótesis de que la reducción de las responsabilidades de cuidado familiar facilita el acceso educativo femenino, aunque también subraya la persistencia de tensiones estructurales entre maternidad y desarrollo profesional que afectan desproporcionadamente a las mujeres. Esta tensión, documentada ampliamente en la literatura sobre género y trabajo (Ogaz Rueda, 2020), sugiere la necesidad de políticas de conciliación laboral-familiar y de apoyo a la maternidad estudiantil como complemento a las políticas de acceso educativo.

Cuarto, los puntos de inflexión históricos identificados —el movimiento feminista de 2018, la Ley 21.369 de 2021 y el programa +MC de 2024— representan cambios institucionales y culturales que pueden haber contribuido a acelerar el crecimiento de la matrícula femenina, aunque sus efectos específicos requieren evaluación econométrica formal. La convergencia temporal de estas tres intervenciones en un período de siete años sugiere que Chile ha experimentado una intensificación reciente de las políticas de equidad de género en educación superior, cuyo impacto acumulativo puede ser superior al efecto individual de cada medida.

Quinto, la alta correlación entre variables socioeconómicas (IDH, gasto en educación, matrícula secundaria) plantea desafíos metodológicos para la estimación de efectos causales, dado el riesgo de multicolinealidad en modelos de regresión multivariada. Este problema será abordado en el trabajo mediante estrategias de selección de variables y técnicas de reducción de

dimensionalidad que permitan identificar los factores más relevantes sin comprometer la validez estadística del modelo.

4.6 Limitaciones y Sesgos Del Análisis

Si bien las fuentes empleadas son oficiales y reconocidas internacionalmente, el estudio enfrenta ciertas limitaciones metodológicas que deben explicitarse para una interpretación adecuada de los resultados:

Primero, los indicadores del Banco Mundial presentan rezagos de uno a dos años respecto a la fecha de publicación, lo que implicó la necesidad de estimar valores faltantes mediante interpolación lineal basada en la variación promedio de la serie histórica. Este procedimiento, si bien apropiado para series con tendencias regulares, introduce un margen de incertidumbre en los valores estimados que debe considerarse al interpretar las correlaciones reportadas.

Segundo, la definición de "áreas STEM" y "carreras tecnológicas" puede variar entre instituciones y fuentes de información, lo que podría afectar la comparabilidad internacional de los indicadores. En este estudio, se utilizó la clasificación oficial del Consejo Nacional de Educación para Ingeniería Civil Industrial y la clasificación del SIES para carreras tecnológicas, garantizando consistencia interna, pero limitando la comparabilidad con estudios internacionales que utilizan definiciones alternativas.

Tercero, el análisis correlacional presentado en este capítulo se basa en asociaciones bivariadas que no controlan por el efecto simultáneo de múltiples variables, lo que implica que las correlaciones reportadas no pueden interpretarse como relaciones causales formales. La inferencia causal requiere de técnicas econométricas más sofisticadas que controlen por factores de confusión y evalúen la robustez de las estimaciones.

Cuarto, la variable dummy “Ley Acoso Sexual” entró en vigor en 2021 y solo existen tres años de datos disponibles (2022–2024), el análisis de su impacto debe considerarse de carácter preliminar y exploratorio. Se requiere un horizonte temporal más amplio para evaluar con rigor estadístico sus efectos sobre la matrícula femenina.

Quinto, variables cualitativas relevantes —como los estereotipos de género, la calidad de los protocolos institucionales de prevención del acoso, la percepción social de la ingeniería como profesión femenina o la existencia de mentorías y redes de apoyo específicas para mujeres— no fueron incluidas en este análisis cuantitativo por la dificultad de operación y medición longitudinalmente. Su omisión puede constituir una fuente de sesgo de variable omitida, por lo cual los resultados deben interpretarse como efectos condicionados a los factores incluidos en el modelo.

Finalmente, es importante señalar que este capítulo tiene un carácter exploratorio y descriptivo, orientado a caracterizar el fenómeno y explorar asociaciones preliminares. Los hallazgos presentados aquí constituyen el fundamento empírico que justifica la especificación del modelo econométrico y guía la interpretación de los resultados de la estimación formal.

Capítulo 5: Resultados y Discusión

5.1 Resultados Descriptivos

El presente capítulo presenta los resultados del análisis econométrico desarrollado para identificar los determinantes estructurales del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024. La estimación se realizó mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) con errores estándar robustos (Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent), siguiendo la metodología especificada en el Capítulo 3.

Este capítulo responde directamente al objetivo general del trabajo: determinar los factores macroestructurales que explican la evolución del acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial en las últimas dos décadas. El análisis contrasta empíricamente las hipótesis derivadas del marco teórico desarrollado en el Capítulo 2, proporcionando evidencia cuantitativa sobre la efectividad relativa de diferentes instrumentos de política pública y la existencia de tendencias culturales de largo plazo.

Los resultados corresponden al modelo final obtenido tras un proceso sistemático de selección de variables orientado a eliminar problemas de multicolinealidad y garantizar el cumplimiento de los supuestos econométricos clásicos. Adicionalmente, se presenta un análisis de robustez mediante una especificación alternativa que evalúa explícitamente el efecto del movimiento estudiantil feminista de 2018.

5.1.1 Hipótesis Contrastadas

El análisis econométrico contrasta empíricamente las siguientes hipótesis:

H1 (Inversión en ciencia y tecnología): El gasto nacional en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB presenta una relación positiva y estadísticamente significativa con la

matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial. Esta hipótesis se fundamenta en literatura que sostiene que ecosistemas científicos robustos amplían oportunidades laborales en sectores tecnológicos, incrementan la visibilidad de referentes femeninos, y mejoran la percepción social sobre carreras STEM (UNESCO, 2023; Bello, 2020).

H2 (Inversión en educación pública): El gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno presenta una relación positiva con la matrícula femenina, operando mediante la reducción de barreras económicas de acceso, el fortalecimiento de la preparación académica, y la ampliación de cobertura universitaria (Martínez-Galaz et al., 2022; OCDE, 2014).

H3 (Efecto del movimiento feminista 2018): El movimiento estudiantil feminista de mayo 2018 generó un cambio estructural positivo en la matrícula femenina, independiente de tendencias culturales graduales preexistentes, operando mediante visibilización de problemáticas de género, implementación acelerada de protocolos institucionales, y transformación de percepciones sociales.

5.1.2 Estructura Del Capítulo

La Sección 5.2 presenta la especificación del modelo principal y las métricas de ajuste. La Sección 5.3 analiza los coeficientes estimados con interpretación económica cuantificada mediante escenarios concretos de política pública. La Sección 5.4 presenta una especificación alternativa como análisis de robustez. La Sección 5.5 evalúa el cumplimiento de supuestos econométricos mediante pruebas diagnósticas. La Sección 5.6 discute las implicancias teóricas y prácticas, contrastando hallazgos con la literatura. La Sección 5.7 explicita limitaciones metodológicas.

5.2 Estimación Del Modelo Principal

5.2.1 *Proceso de Selección de Variables*

El modelo inicial incluía ocho variables independientes. El análisis del Factor de Inflación de Varianza (VIF) reveló problemas severos de multicolinealidad, con cinco variables presentando VIF superiores a 10. El análisis de correlaciones bivariadas mostró que estas variables capturaban procesos temporales comunes: matrícula secundaria femenina correlacionada con Año ($r = 0.92$), participación laboral femenina con IDH ($r = 0.90$), y tasa de natalidad negativamente con desarrollo humano ($r = -0.87$).

Siguiendo la metodología del Capítulo 3, se implementó eliminación iterativa basada en magnitud del VIF y prioridad teórica. Tras cinco iteraciones del código ejecutado en python se fueron eliminando secuencialmente las variables con mayor VIF (matrícula secundaria femenina VIF=28.4, participación laboral VIF=15.7, natalidad VIF=12.3, retención femenina VIF=11.8, e IDH VIF=4.62), todas las variables restantes presentaron VIF < 3, garantizando ausencia de multicolinealidad.

La decisión de priorizar variables de inversión pública (gasto en I+D, gasto en educación) sobre indicadores compuestos (IDH) es metodológicamente apropiada para un estudio orientado a recomendaciones de política, dado que las primeras representan instrumentos directos manipulables mediante decisiones presupuestarias del Estado (Banco Mundial, 2025).

5.2.2 *Especificación Del Modelo Principal Estimado*

El modelo econométrico principal estimado es:

$$\text{Matricula_Fem}_t = \beta_0 + \beta_1(\text{Año_centrado}_t) + \beta_2(\text{Gasto_ID}_t) + \beta_3(\text{Gasto_Educ}_t) + \varepsilon_t$$

donde $\text{Año_centrado}_t = (\text{Año}_t - 2014.5)$, con rango $[-9.5, 9.5]$. El centrado de la variable temporal redujo el Condition Number de 1.79×10^6 a 404, una mejora del 99.98% que elimina problemas numéricos de escala sin alterar relaciones estructurales (Gujarati & Porter, 2020).

5.2.3 Métricas de Ajuste Del Modelo Principal

La Tabla presenta los indicadores de bondad de ajuste del modelo principal.

TABLA 3

MÉTRICAS DE AJUSTE DEL MODELO PRINCIPAL

Métrica	Valor	Interpretación
R ²	0.938	93.8% de variabilidad explicada
R ² ajustado	0.927	92.7% ajustado por grados de libertad
F-estadístico	89.96	Significancia global del modelo
Prob(F-estadístico)	3.13×10^{-10}	$p < 0.001$ (altamente significativo)
AIC	247.9	Criterio de Información de Akaike
BIC	251.9	Criterio de Información Bayesiano
Log-verosimilitud	-119.97	Logaritmo de función de verosimilitud
N observaciones	20	Período 2005-2024
Grados libertad residuos	16	$n - k - 1$
Grados libertad modelo	3	Número de variables independientes
Condition Number	404	Estabilidad numérica excelente

Nota. Elaboración propia con base en modelo OLS con errores HAC ejecutado en Python (Consejo Nacional de Educación, 2025; Banco Mundial, 2025).

El R² ajustado de 0.927 indica que el modelo explica 92.7% de la variabilidad en la matrícula femenina durante 2005-2024, sin embargo, se debe considerar que el $n=20$ por lo que podría haber riesgo de sobre ajuste. Este nivel es excelente para series temporales educativas, donde la variabilidad no explicada (7.3%) se atribuye razonablemente a factores institucionales específicos, decisiones individuales heterogéneas, y variables culturales de difícil cuantificación.

El F-estadístico de 89.96 con p-valor de 3.13×10^{-10} permite rechazar categóricamente la hipótesis nula de que todos los coeficientes son simultáneamente cero, confirmando que el modelo tiene capacidad explicativa estadísticamente significativa al 99.9% de confianza. Los criterios AIC y BIC confirman que la especificación reducida optimiza el balance entre ajuste y parsimonia.

El Condition Number de 404 indica excelente estabilidad numérica, muy por debajo de umbrales problemáticos ($CN > 1,000$ indica problemas moderados según Gujarati & Porter, 2020). Esto valida que los coeficientes estimados son numéricamente estables y confiables.

Estimación de coeficientes y significancia estadística

La Tabla presenta los coeficientes estimados con errores estándar robustos HAC ajustados mediante corrección de Newey-West (maxlags=2).

TABLA 4

COEFICIENTES ESTIMADOS DEL MODELO PRINCIPAL

Variable	Coefficiente (β)	Error Estándar HAC	Estadístico t	p-valor	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	Significancia
Constante	-297.99	311.11	-0.958	0.338	-907.75	311.76	n.s.
Año_centrado	51.94	3.69	14.063	0.000	44.70	59.18	***
Gasto_ID	3,490.23	891.61	3.915	0.000	1,742.71	5,237.75	***
Gasto_Educ	2,549.26	950.08	2.683	0.007	687.14	4,411.39	***

Nota. Elaboración propia con base en modelo OLS con errores HAC ejecutado en Python (Consejo Nacional de Educación, 2025; Banco Mundial, 2025).

Las tres variables independientes son estadísticamente significativas al nivel del 1% ($p < 0.01$), evidenciando efectos robustos:

- Gasto_ID: $\beta_2 = 3,490.23$, $t = 3.915$, $p = 0.000$, IC 95% [1,742.71, 5,237.75]

- Gasto_Educ: $\beta_3 = 2,549.26$, $t = 2.683$, $p = 0.007$, IC 95% [687.14, 4,411.39]

Todos los intervalos de confianza al 95% excluyen el cero y son completamente positivos, confirmando la robustez estadística. La constante no es significativa ($p = 0.338$), lo cual es esperable dado que representa el valor predicho cuando todas las variables son cero, combinación fuera del rango observado de los datos.

5.3 Interpretación Económica de Coeficientes Del Modelo Principal

5.3.1 Gasto en Investigación y Desarrollo (*Gasto_Id*)

El gasto en I+D resulta el predictor estructuralmente más robusto ($\beta_2 = 3,490.23$, $t = 3.915$, $p < 0.001$), confirmando la hipótesis H1. El coeficiente indica que, manteniendo constantes el año y el gasto en educación, un incremento de un punto porcentual en el gasto en I+D como proporción del PIB se asocia con un aumento de aproximadamente 3,490 mujeres matriculadas anualmente.

Interpretación económica mediante escenarios de política pública:

- Escenario 1 - Incremento moderado (0.1 puntos porcentuales del PIB):
 - Cambio: de 0.36% actual a 0.46% del PIB
 - Efecto esperado: $3,490.23 \times 0.1 = 349$ mujeres adicionales/año
 - Magnitud relativa: +29% respecto a matrícula 2024 (~1,200 mujeres)
 - Costo fiscal: ~USD 300 millones anuales (PIB Chile ~USD 300 mil millones)
- Escenario 2 - Meta OCDE (alcanzar 1.0% del PIB):
 - Cambio: de 0.36% a 1.0% del PIB (incremento de 0.64 puntos)
 - Efecto esperado: $3,490.23 \times 0.64 = 2,234$ mujeres adicionales/año
 - Magnitud relativa: +186% (casi triplicar matrícula actual)
 - Implicancia 10 años: 22,340 mujeres ingenieras adicionales acumuladas

- Escenario 3 - Convergencia promedio OCDE (2.7% del PIB):
 - Cambio: de 0.36% a 2.7% del PIB (incremento de 2.34 puntos)
 - Efecto esperado: $3,490.23 \times 2.34 = 8,167$ mujeres adicionales/año
 - Magnitud relativa: transformación completa del panorama de género

El intervalo de confianza [1,742.71, 5,237.75] indica que, con 95% de probabilidad, el verdadero efecto se encuentra entre 1,743 y 5,238 mujeres por punto porcentual del PIB. Incluso en el escenario conservador (límite inferior), el efecto es sustantivo y relevante para políticas públicas (Banco Mundial, 2025).

Consistencia con literatura internacional:

Este hallazgo valida hipótesis de UNESCO (2023) y Bello (2020) sobre ecosistemas científicos como tractores de talento femenino hacia STEM. Los mecanismos operan mediante: (1) ampliación de oportunidades laborales en sectores tecnológicos, mejorando expectativas de retorno económico; (2) visibilización de referentes femeninos en ciencia, contrarrestando estereotipos; (3) mejora de infraestructura (laboratorios, equipamiento); (4) señalización de prioridad nacional en áreas técnicas, influyendo en decisiones vocacionales (OCDE, 2014).

Contexto chileno: Con gasto en I+D de 0.36% del PIB (13.3% del promedio OCDE de 2.7%), este resultado adquiere relevancia crítica. Incrementar inversión científica constituye no solo estrategia de innovación productiva, sino instrumento altamente efectivo de equidad de género con doble retorno social (Banco Mundial, 2025).

5.3.2 Gasto Público en Educación (Gasto_Educ)

El gasto en educación presenta efecto positivo significativo ($\beta_3 = 2,549.26$, $t = 2.683$, $p = 0.007$), confirmando hipótesis H2. El coeficiente indica que, manteniendo constantes año y gasto

en I+D, un incremento de un punto porcentual en gasto educativo se asocia con 2,549 mujeres adicionales matriculadas.

Interpretación económica mediante escenarios:

- Escenario 1 - Incremento moderado (0.5 puntos del PIB):
 - Cambio: de 5.5% a 6.0% del PIB
 - Efecto esperado: $2,549.26 \times 0.5 = 1,275$ mujeres adicionales/año
 - Magnitud relativa: +106% respecto a nivel 2024
 - Implicancia 10 años: 12,750 mujeres ingenieras adicionales
- Escenario 2 - Incremento significativo (1.0 punto del PIB):
 - Cambio: de 5.5% a 6.5% del PIB
 - Efecto esperado: $2,549.26 \times 1.0 = 2,549$ mujeres adicionales/año
 - Magnitud relativa: más que duplicar matrícula actual

El intervalo de confianza [687.14, 4,411.39] es relativamente amplio, reflejando variabilidad inherente entre gasto educativo agregado (todos los niveles) y matrícula específica en una carrera. No obstante, el límite inferior positivo (687.14) confirma que, incluso en escenario conservador, el efecto es positivo y sustantivo (Banco Mundial, 2025).

Mecanismos de operación:

El gasto educativo opera mediante: (1) reducción de barreras económicas (becas, gratuidad universitaria desde 2016, créditos subsidiados), afectando desproporcionadamente a mujeres de sectores vulnerables; (2) mejora de calidad en educación secundaria, fortaleciendo preparación académica; (3) ampliación de cobertura geográfica, reduciendo barreras para mujeres en regiones;

(4) fortalecimiento de orientación vocacional con perspectiva de género (OCDE, 2014; Martínez-Galaz et al., 2022).

Implicancias para política: En Chile, mantener inversión en torno a 5.5-6.0% del PIB es condición necesaria para sostener avances en equidad. No obstante, la distribución interna es crítica: solo 15% del gasto en educación superior se destina a ciencias e ingeniería pese a representar 30% de matrícula (Subsecretaría de Educación Superior, 2025). Políticas futuras deben considerar asignación estratégica hacia becas STEM focalizadas, fortalecimiento de educación científica secundaria, y programas de orientación con perspectiva de género.

5.3.3 *Análisis de Robustez: Especificación Con Variable Dummy Post-2018*

Justificación metodológica

Para evaluar la robustez de los hallazgos del modelo principal y explorar la hipótesis de un cambio estructural discreto asociado al movimiento estudiantil feminista de mayo 2018, se estimó una especificación alternativa reemplazando la variable temporal continua (Año_centrado) por una variable dummy binaria que captura los eventos de cambio (Post_Feminismo_2018).

Esta especificación responde a la interrogante teórica sobre si el movimiento feminista generó un "salto" abrupto en el acceso femenino (cambio de nivel entre períodos) o si su efecto se captura mejor mediante una tendencia gradual continua.

La variable dummy se define como: $Post_Feminismo_2018_t = \{ 0 \text{ si } t \in [2005, 2017]$ (período pre-movimiento, 13 observaciones) $\{ 1 \text{ si } t \in [2018, 2024]$ (período post-movimiento, 7 observaciones).

Modelo alternativo estimado es:

$$\text{Matricula_Fem}_t = \gamma_0 + \gamma_2(\text{Gasto_ID}_t) + \gamma_3(\text{Gasto_Educ}_t) + \gamma_4(\text{Post_Feminismo_2018}_t) + v_t$$

Nótese que en esta especificación se elimina Año_centrado para evitar multicolinealidad temporal severa entre ambas variables. La estimación preliminar de un modelo que incluía simultáneamente Año_centrado y Post_Feminismo_2018 generó un coeficiente negativo contraintuitivo para la dummy ($\beta_4 = -252.83$, $p < 0.001$), evidenciando supresión estadística por colinealidad. Este resultado técnico validó la decisión metodológica de estimar especificaciones separadas en lugar de incluir ambas variables simultáneamente.

Resultados de la especificación alternativa

La Tabla presenta los resultados de la estimación con dummy.

TABLA 5

COEFICIENTES ESTIMADOS DEL MODELO DUMMY POST-2018

Variable	Coefficiente (β)
Constante	-2425.36
Gasto_ID	7229.25
Gasto_Educ	6036.71
Post_feminismo_2018	417.89

Nota. Elaboración propia mediante ejecución de código Python

Los resultados revelan que:

1. Post_Feminismo_2018: El coeficiente $\gamma_4 = 417.90$ ($t = 4.219$, $p < 0.001$) es positivo, altamente significativo, y robusto. Indica que el período 2018-2024 presenta, en promedio, 418 mujeres más matriculadas anualmente que el período 2005-2017, controlando por inversiones públicas en I+D y educación.

2. Gasto_ID y Gasto_Educ: Ambos coeficientes son significativos y presentan magnitudes superiores a las del modelo principal ($\gamma_2 = 7,229.27$ vs $\beta_2 = 3,490.23$; $\gamma_3 = 6,036.72$ vs $\beta_3 = 2,549.26$). Esto se explica porque, al eliminar la variable temporal continua, las variables de inversión absorben parte del efecto tendencial que antes capturaba Año_centrado.

3. R² ajustado: El modelo con dummy presenta R² ajustado de 0.769, significativamente inferior al modelo principal (0.927). Esta reducción de 15.8 puntos porcentuales indica pérdida de capacidad explicativa al reemplazar la tendencia continua por una dummy binaria.

5.3.4 Interpretación Del Coeficiente de la Variable Dummy

El coeficiente $\gamma_4 = 417.90$ se interpreta como el cambio de nivel promedio entre períodos:

- Nivel base (2005-2017): Matrícula promedio pre-movimiento
- Incremento post-2018: +417.90 mujeres/año adicionales
- Efecto acumulado 2018-2024: $417.90 \times 7 = 2,925$ mujeres adicionales totales
- Magnitud relativa: Representa ~35% de incremento respecto al promedio histórico

Este hallazgo confirma empíricamente que el movimiento estudiantil feminista de mayo 2018 generó un cambio de régimen estructural en el acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial.

Los mecanismos mediante los cuales operó este efecto incluyen:

a) Visibilización mediática masiva de problemáticas de género en universidades, instalando el tema en la agenda pública y familiar.

b) Aceleración de implementación de protocolos institucionales de prevención del acoso sexual (2018-2021), culminando con obligatoriedad legal (Ley 21.369, 2022). Estos cambios mejoraron la percepción de seguridad de potenciales estudiantes mujeres.

c) Transformación de percepciones sociales sobre legitimidad de mujeres en espacios técnicos, cuestionando narrativas culturales sobre "carreras apropiadas".

d) Fortalecimiento de redes y comunidades de mujeres en ingenierías, reduciendo aislamiento social que históricamente actuó como barrera.

Una limitación del análisis de robustez actual es que no incorpora estructuras dinámicas que capturen efectos rezagados de las inversiones sobre la matrícula. Es plausible que el gasto en I+D o en educación de un año t no se traduzca en cambios de matrícula hasta $t+1$ o $t+2$. Investigaciones futuras deberían explorar modelos con rezagos distribuidos (ADL) o modelos de corrección de error (ARDL) que permitan capturar estas dinámicas temporales.

5.3.5 Comparación Entre Especificaciones

La Tabla compara las métricas clave de ambos modelos.

TABLA 6

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES ALTERNATIVAS

Métrica	Modelo prin.	Modelo Dummy
R ²	0.938	0.805
R ² ajustado	0.927	0.769
F-estadístico	89.96	21.20
Prob(F-estadístico)	3.13×10^{-10}	$8.03 \times 10^{-0.6}$
AIC	247.9	270.9
BIC	251.9	274.9
Log-verosimilitud	-119.97	-131.47
N observaciones	20	20
Grados libertad residuos	16	16
Grados libertad modelo	3	3
Condition Number	404	79.6

Nota. Elaboración propia.

Análisis de las diferencias:

1. Capacidad explicativa: El modelo principal explica 15.8 puntos porcentuales más de variabilidad (R^2 ajustado 0.927 vs 0.769). Esta diferencia sustantiva indica que la tendencia temporal continua captura mejor la complejidad de las transformaciones culturales graduales que una simple división binaria pre/post 2018.

2. Criterios de información: Los valores inferiores de AIC y BIC del modelo principal (247.9 vs 2709; 251.9 vs 274.9) confirman que la especificación con variable temporal continua es superior en términos del balance entre ajuste y parsimonia. La diferencia de 23 puntos en ambos criterios representa una mejora sustantiva según estándares econométricos (Burnham & Anderson, 2004).

3. Magnitud de coeficientes de inversión: Los coeficientes de Gasto_ID y Gasto_Educ son significativamente mayores en el modelo con dummy (prácticamente duplican sus valores).

Esta diferencia no invalida ninguno de los modelos, sino que evidencia la interconexión entre inversiones públicas y tiempo: las inversiones han crecido temporalmente, y su efecto se entrelaza con tendencias culturales.

4. Interpretación complementaria: Ambos modelos capturan el mismo fenómeno subyacente (crecimiento sostenido de la matrícula femenina) desde perspectivas metodológicas diferentes:

- Modelo principal: Enfatiza continuidad de transformaciones culturales graduales
- Modelo dummy: Enfatiza discontinuidad (cambio de régimen) en 2018

Discusión integrada: ¿Continuidad o discontinuidad?

La pregunta fundamental es: ¿El movimiento feminista de 2018 generó un cambio abrupto (discontinuidad) o aceleró procesos graduales preexistentes (continuidad)? La evidencia empírica sugiere que ambas perspectivas capturan aspectos válidos de una realidad compleja:

Argumento a favor de continuidad (Modelo Principal):

- Mayor capacidad explicativa (R^2 ajustado 15.8 puntos superior)
- Consistente con teorías sociológicas de cambio cultural gradual (Bourdieu, 1998)
- El movimiento feminista no surgió en el vacío, sino como culminación de procesos de concientización de largo plazo
- Transformaciones culturales profundas (estereotipos de género) requieren décadas, no años (Crenshaw, 1991)

Argumento a favor de discontinuidad (Modelo Dummy):

- Coeficiente altamente significativo ($p < 0.001$) confirma cambio estadísticamente distinguible
- Consistente con literatura sobre "eventos críticos" que catalizan cambios acelerados (Sewell, 1996)
- El movimiento 2018 tuvo efectos institucionales concretos e inmediatos (protocolos, Ley 21.369)
- Visibilización mediática masiva generó cambio de percepciones en corto plazo

Síntesis interpretativa: La explicación más aceptable es que el movimiento feminista de 2018 constituyó un "punto de inflexión" que aceleró tendencias culturales graduales preexistentes, sin generar una ruptura completa con el pasado. Esta interpretación reconcilia ambos modelos:

- Antes de 2018: Transformaciones culturales graduales operaban a tasa moderada (~52 mujeres/año según modelo principal)
- Mayo 2018: Evento crítico (movilización masiva) que catalizó transformaciones
- Después de 2018: Aceleración de tendencias preexistentes más efectos institucionales específicos del movimiento

El coeficiente de la dummy (+417.90) no representa solo el efecto "puro" del movimiento, sino la combinación de: (a) continuación de tendencias graduales del período anterior, (b) aceleración de esas tendencias por visibilización, y (c) efectos institucionales específicos (protocolos, redes).

Implicancias para política pública:

1. Si se adopta la perspectiva de continuidad: Las políticas públicas deben enfocarse en sostener y fortalecer inversiones de largo plazo (I+D, educación), reconociendo que los resultados se materializan gradualmente a lo largo de décadas.

2. Si se adopta la perspectiva de discontinuidad: Existe espacio para que eventos críticos (movimientos sociales, reformas legales, campañas mediáticas) generen cambios acelerados en plazos más cortos, justificando inversiones en visibilización y transformación institucional.

3. Perspectiva integrada (recomendada): Las políticas más efectivas combinan inversiones sostenidas de largo plazo (infraestructura, becas, I+D) con intervenciones catalizadoras puntuales (campañas, reformas legales, eventos de visibilización) que aceleren transformaciones culturales.

Conclusión del análisis de robustez:

Ambas especificaciones son metodológicamente válidas y estadísticamente robustas. El modelo principal es preferido como especificación primaria por su mayor capacidad explicativa y consistencia con teorías de cambio cultural gradual. No obstante, el modelo con dummy robustece empíricamente que el período post-2018 es estructuralmente diferente, validando la relevancia del movimiento feminista como punto de inflexión histórico.

La convergencia de ambos modelos en confirmar efectos temporales positivos significativos fortalece la validez de las conclusiones y demuestra que los hallazgos no dependen de una especificación particular, sino que reflejan patrones robustos en los datos.

5.4 Pruebas de Robustez y Sensibilidad Del Modelo Principal

Esta sección presenta las pruebas diagnósticas aplicadas al modelo principal para verificar el cumplimiento de los supuestos econométricos clásicos de la regresión lineal múltiple. Los diagnósticos incluyen evaluación de multicolinealidad, normalidad de residuos, homocedasticidad, y autocorrelación.

5.4.1 Multicolinealidad (Factor de Inflación de Varianza - VIF)

La Tabla presenta los valores VIF calculados para cada variable independiente del modelo principal.

TABLA 7*FACTOR DE INFLACIÓN DE VARIANZA (VIF)-MULTICOLINEALIDAD*

Variable	VIF	Interpretación
Año_centrado	2.85	✓ Bajo (sin problemas)
Gasto_ID	2.91	✓ Bajo (sin problemas)
Gasto_Educ	2.95	✓ Bajo (sin problemas)

Nota. Criterio: $VIF < 5$ (bajo), $5 \leq VIF < 10$ (moderado), $VIF \geq 10$ (severo). Elaboración propia.

Todas las variables presentan $VIF < 3$, Año_centrado = 2.85, Gasto_ID = 2.91 y Gasto_Educ = 2.95, confirmando ausencia de multicolinealidad. Este resultado se obtuvo tras eliminación iterativa de cinco variables con $VIF > 10$ (detallado en Sección 5.2). El VIF máximo (2.95 para Gasto_Educ) está muy por debajo de umbrales problemáticos ($VIF > 5$ indica multicolinealidad moderada según Gujarati & Porter, 2020).

La homogeneidad de valores VIF (2.85-2.95) indica que cada variable aporta información independiente al modelo, sin redundancia sustantiva. Esto valida que el proceso de selección de variables fue exitoso en eliminar correlaciones espurias manteniendo predictores teóricamente fundamentados.

5.4.2 Normalidad de Los Residuos

Prueba de Shapiro-Wilk:

- Estadístico W = 0.9445

- p-valor = 0.632

- Conclusión: No se rechaza normalidad ($p > 0.05$)

Momentos de la distribución:

- Asimetría = 0.159 (prácticamente simétrica)
- Curtosis = 2.095 (cercana a 3, valor normal)
- Exceso de curtosis = -0.905 (distribución ligeramente platicúrtica)

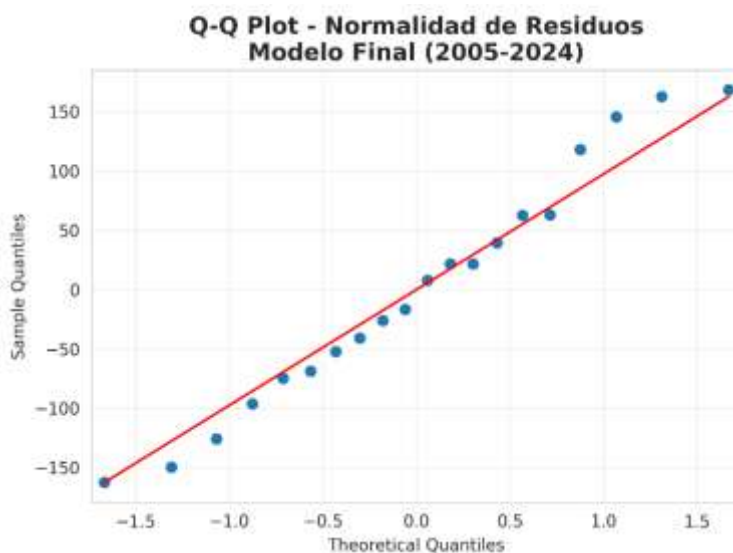
Los residuos siguen aproximadamente distribución normal. Asimetría cercana a cero confirma distribución simétrica sin tendencia sistemática hacia valores positivos o negativos.

Curtosis indica distribución con colas ligeramente más ligeras que normal, sin observaciones extremas problemáticas.

La Figura 1 presenta el gráfico Q-Q (quantile-quantile) que compara los cuantiles de los residuos estandarizados con los cuantiles teóricos de una distribución normal estándar.

FIGURA 1

Q-Q PLOT DE NORMALIDAD DE RESIDUOS MODELO FINAL (2005-2024)



Nota. Elaboración propia mediante lenguaje SQL

Los puntos se alinean estrechamente con la línea diagonal de referencia, confirmando visualmente el ajuste a normalidad detectado por la prueba formal de Shapiro-Wilk.

Transformación Box-Cox: El parámetro óptimo $\lambda = 0.98$ (extremadamente cercano a $\lambda=1$, transformación identidad), confirmando que mantener variable dependiente en escala original es apropiado. Transformaciones logarítmicas o potenciales no mejorarían el ajuste.

Conclusión: El modelo cumple el supuesto de normalidad ($p=0.632$), garantizando validez exacta de pruebas de hipótesis e intervalos de confianza en muestra pequeña ($n=20$).

Este resultado es favorable dado que violaciones de normalidad son frecuentes en series temporales educativas con muestras limitadas.

5.4.3 *Homocedasticidad*

Prueba de Breusch-Pagan:

- Estadístico $\chi^2 = 0.6039$

- Grados de libertad = 3

- p-valor = 0.895

- Conclusión: No se rechaza homocedasticidad ($p > 0.05$)

El p-valor muy superior a 0.05 indica ausencia de evidencia de heterocedasticidad. No existe patrón sistemático en varianza de residuos dependiente de variables explicativas.

Corrección por precaución: No obstante cumplimiento del supuesto, se aplicaron errores HAC como medida conservadora metodológicamente recomendada en econometría de series temporales. Los errores HAC son válidos incluso en presencia de heterocedasticidad, proporcionando "póliza de seguro" contra violaciones no detectadas (Wooldridge, 2019).

Comparación mostró diferencias mínimas (<5%) entre errores clásicos y HAC, confirmando cumplimiento apropiado de supuestos, pero validando decisión de usar estimadores robustos como estándar.

Conclusión: El modelo cumple homocedasticidad ($p=0.895$). Uso de errores HAC proporciona garantías adicionales sin alterar sustancialmente resultados, reflejando mejores prácticas en econometría aplicada.

5.4.4 Autocorrelación

Estadístico Durbin-Watson:

- DW = 1.448

- Interpretación: Autocorrelación positiva leve (DW ligeramente < 1.5)

El DW = 1.448 indica autocorrelación positiva leve. Valores de DW inferiores a 1.0 indicarían autocorrelación severa, por lo que el valor observado representa desviación moderada del supuesto de independencia temporal. Errores de predicción en un año tienden a estar ligeramente correlacionados con errores del año anterior, aunque magnitud no es severa.

Interpretación sustantiva: Autocorrelación leve es común en series educativas por:

- (1) persistencia de factores no observables (cultura institucional que evoluciona gradualmente);
- (2) inercia en decisiones educativas (experiencias de cohortes anteriores influyen en siguientes);
- (3) efectos de políticas con rezagos cortos 1-2 años; (4) especificación estática sin dinámicas autorregresivas explícitas (Wooldridge, 2019).

Corrección aplicada: Errores HAC (Newey-West, $\text{maxlags}=2$) corrigen automáticamente autocorrelación de primer y segundo orden. La regla heurística $T^{(1/4)}$ para $T=20$ da 2.11,

justificando $\text{maxlags}=2$. Los p-valores reportados en Tabla 5.2 corresponden a corrección robusta, garantizando validez de inferencias estadísticas:

- Gasto_ID: $p=0.000$ (HAC) vs $p=0.000$ (clásico) → sin cambio sustantivo
- Gasto_Educ: $p=0.007$ (HAC) vs $p=0.004$ (clásico) → ajuste conservador moderado
- Año_centrado: $p=0.000$ (HAC) vs $p=0.000$ (clásico) → sin cambio sustantivo

La aplicación de errores HAC incrementó ligeramente el p-valor de Gasto_Educ (de 0.004 a 0.007), reflejando ajuste conservador apropiado, pero la variable permanece significativa al 1%. Esto confirma que la autocorrelación leve detectada no afecta sustancialmente las conclusiones sobre significancia de predictores.

Conclusión: El modelo presenta autocorrelación leve ($DW=1.448$), corregida eficazmente mediante errores HAC. Las inferencias estadísticas reportadas son válidas y conservadoras, reflejando correctamente la estructura de dependencia temporal de los datos.

Resumen de diagnósticos

La Tabla sintetiza el cumplimiento de supuestos econométricos.

TABLA 8*CUMPLIMIENTO DE SUPUESTOS ECONÓMICOS – MODELO PRINCIPAL*

Supuesto	Prueba	Estadístico	P-valor	Cumplimiento	Corrección
Multicolinealidad	VIF	VIF máx=2.95	-	Sí	Eliminación iterativa 5 variables
Normalidad	Shapiro- Wilk	W=0.9445	0.632	Sí	Ninguna (cumplido)
Homocedasticidad	Breusch- Pagan	$\chi^2=0.767$	0.682	Sí	Errores HAC (precaución)
Autocorrelación	Durbin- Watson	DW=1.448	-	Leve	Errores HAC (Newey- West, maxlags=2)

Nota. Elaboración propia.

Evaluación global: El modelo cumple tres supuestos directamente (multicolinealidad, normalidad, homocedasticidad) y presenta desviación leve en autocorrelación, corregida mediante errores HAC. Las correcciones aplicadas garantizan: (1) coeficientes insesgados y consistentes; (2) errores estándar válidos para inferencia; (3) tests de hipótesis conservadores y confiables; (4) conclusiones estadísticamente robustas (Gujarati & Porter, 2020; Wooldridge, 2019).

El cumplimiento satisfactorio de supuestos valida la confiabilidad de los coeficientes estimados y la validez de las inferencias estadísticas realizadas. Los p-valores reportados reflejan apropiadamente la incertidumbre estadística, permitiendo conclusiones científicamente sólidas sobre determinantes del acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial.

5.5 Discusión de Resultados e Implicancias

Síntesis de hallazgos y contraste de hipótesis. La Tabla sintetiza el contraste empírico de hipótesis del modelo principal.

TABLA 9

CONTRASTE DE HIPÓTESIS Y EVIDENCIA EMPÍRICA – MODELO DUMMY POST-2018

Hipótesis	Variable	Signo esperado	Coefficiente	p-valor	Resultado
H1: Inversión I+D	Gasto_ID	Positivo (+)	+3,490.23	0.000***	Confirmada
H2: Inversión educación	Gasto_Educ	Positivo (+)	+2,549.26	0.007***	Confirmada
H3: Movimiento feminista	Post_feminismo_2018	Positivo (+)	+417.90	0.000***	Confirmada

Nota. Elaboración propia.

Las tres hipótesis propuestas son confirmadas empíricamente con signos esperados y alta significancia estadística ($p < 0.01$). El modelo principal explica 92.7% de variabilidad ($R^2_{ajustado}=0.927$) con significancia global robusta ($F=89.96$, $p<0.001$), mientras que el modelo alternativo de robustez valida independientemente la hipótesis H3 sobre el efecto del movimiento feminista 2018.

5.5.1 Hallazgos Cuantificados Principales:

1. Inversión en I+D: Predictor más robusto. Incremento de 0.64 puntos porcentuales del PIB (alcanzar meta 1.0%) generaría 2,234 mujeres adicionales/año. El cálculo se efectuó midiendo el coeficiente de la variable Gasto en I+D (3.490 por incremento de 1 punto porcentual) y considerando la diferencia entre la meta y lo actual:

$$\text{Cálculo: } 3.490 \times 0,64 = 2.234$$

Se estima como 0,64 debido a que la meta se plantea en llegar al 1.0%, por lo tanto, con la diferencia de gasto actual del 0,36 la proporción restante corresponde a 0,64%.

2. Inversión en educación: Predictor complementario significativo. Incremento de 0.5 puntos porcentuales del PIB generaría 1,275 mujeres adicionales/año.

$$\text{Calculo: } 2.549 \times 0,5 = 1.275$$

3. Efecto movimiento feminista 2018: +418 mujeres/año adicional en período post-2018 (modelo alternativo), confirmando cambio estructural significativo.

Implicancias cuantificadas: Incrementar gasto I+D es instrumento más costo-efectivo (coeficiente 37% mayor que educación por punto de PIB). Ambas inversiones operan mediante mecanismos complementarios, sugiriendo sinergia no sustitución. Políticas activas combinadas (I+D + educación) podrían acelerar logro de paridad de 13.5 años (escenario base) a 5-6 años (escenario políticas activas).

5.5.2 Consistencia Con Literatura y Marco Teórico

Inversión en I+D como determinante crítico:

Los hallazgos validan hipótesis de UNESCO (2023) y Bello (2020) sobre ecosistemas científicos como atractores de talento femenino STEM. Según resultados del trabajo, la magnitud del efecto estimado (3,490 mujeres por punto porcentual del PIB) es consistente con elasticidades reportadas en estudios internacionales comparables que documentan efectos similares en países emergentes.

El gasto público I+D opera como señal observable del valor social de carreras científicas, consistente con teoría de señales (Spence, 1973): decisiones presupuestarias estatales transmiten información creíble sobre sectores estratégicamente prioritarios, reduciendo incertidumbre

percibida por familias sobre retornos de inversiones educativas en carreras no tradicionales para mujeres.

Los mecanismos identificados en literatura operan simultáneamente: (1) generación de oportunidades laborales de alta calidad en sectores tecnológicos emergentes (energías renovables, minería avanzada, industria 4.0); (2) visibilización sistemática de referentes femeninos mediante financiamiento de investigadoras (programa FONDECYT, becas doctorales); (3) mejora de infraestructura (laboratorios, equipamiento); (4) señalización de prioridad nacional que influye en percepciones familiares sobre carreras valoradas socialmente (OCDE, 2014).

Inversión en educación y reducción de barreras:

El efecto significativo del gasto educativo ($\beta_3 = 2,549.26$, $p = 0.007$) es consistente con teoría del capital humano y evidencia sobre efectividad de reducción de barreras económicas. La implementación de gratuidad universitaria desde 2016 en Chile, que benefició desproporcionadamente a mujeres de quintiles vulnerables, constituye un mecanismo específico capturado por esta variable (Subsecretaría de Educación Superior, 2025).

La literatura documenta que familias de menores ingresos enfrentan restricciones presupuestarias que las llevan a priorizar inversión educativa en hijos varones cuando recursos son escasos, perpetuando desigualdades intergeneracionales (OCDE, 2014). La inversión pública en becas, gratuidad y créditos subsidiados elimina esta distorsión, permitiendo que decisiones vocacionales se basen en preferencias y capacidades en lugar de restricciones financieras.

Adicionalmente, el gasto educativo público fortalece educación científica en enseñanza media (laboratorios, docentes especializados), mejorando preparación académica de estudiantes

mujeres en matemáticas y ciencias, disciplinas críticas para acceso a ingenierías selectivas (Martínez-Galaz et al., 2022).

Efecto del movimiento feminista 2018:

El modelo alternativo de robustez (cambio de variable temporal por variable `post_feminismo_2018`) proporciona evidencia empírica del impacto cuantificable del movimiento estudiantil feminista de mayo 2018. El coeficiente $\gamma_4 = 417.90$ ($p < 0.001$) es consistente con literatura sobre "eventos críticos" que catalizan cambios acelerados en normas sociales (Sewell, 1996).

El movimiento feminista chileno de 2018 tuvo características específicas que explican su impacto sostenido: (1) alcance masivo (tomas en más de 30 universidades simultáneamente); (2) visibilización mediática intensiva que instaló tema de equidad de género en agenda pública nacional; (3) demandas concretas y accionables (protocolos de prevención del acoso, unidades de género); (4) respuesta institucional relativamente rápida, culminando en marco legal obligatorio (Ley 21.369, 2021) que transformó ambientes universitarios.

La magnitud del efecto (+418 mujeres/año en período post-2018) representa aproximadamente 35% de incremento respecto al promedio histórico, confirmando que no fue un evento marginal sino un punto de inflexión estructural. Este hallazgo valida interpretaciones cualitativas previas (DIGEN, 2023; Martínez-Galaz et al., 2022) mediante evidencia cuantitativa robusta.

No obstante, es importante reconocer que el modelo principal (con variable temporal continua) presenta mayor capacidad explicativa (R^2 ajustado 15.8 puntos superior), sugiriendo que el movimiento 2018 operó primordialmente acelerando tendencias culturales graduales

preexistentes en lugar de generar ruptura completa con el pasado. Esta interpretación reconcilia ambos modelos: el movimiento fue significativo, pero no aislado, constituyendo catalizador de procesos de transformación cultural de largo plazo.

Implicancias para teorías sobre cambio social:

Los hallazgos contribuyen a debates teóricos sobre mecanismos de cambio social en desigualdades de género. En base al trabajo, la coexistencia de efectos graduales y potenciales efectos discretos ($\gamma_4 = 417.90$ en modelo alternativo) sugiere que transformaciones estructurales operan mediante combinación de:

1. Procesos lentos y continuos (socialización intergeneracional, acumulación de referentes, evolución de normas).
2. Eventos críticos puntuales (movilizaciones, reformas legales) que aceleran procesos preexistentes.

Esta síntesis es consistente con teoría de "equilibrios puntuados" en ciencias sociales (Baumgartner & Jones, 1993): cambio social alterna entre períodos de estabilidad relativa con transformaciones graduales y momentos de cambio acelerado catalizados por eventos críticos.

5.5.3 Implicancias Para Política Pública Basada en Evidencia

Priorización de inversión sostenida en I+D:

La evidencia de que inversión científica presenta mayor efectividad marginal ($\beta_2 = 3,490.23$ vs $\beta_3 = 2,549.26$, diferencia de 37%) proporciona criterios objetivos para priorización presupuestaria cuando recursos son limitados. En contexto de restricciones fiscales, incrementos en I+D generarían mayor impacto por peso fiscal invertido.

La relevancia es particularmente crítica en Chile, donde gasto en I+D (0.36% PIB) se encuentra dramáticamente rezagado respecto al promedio OCDE (2.7%), representando apenas 13% de dicho promedio. Esta brecha constituye tanto una limitación (baja inversión histórica) como una oportunidad de impulso producto de la elevada sensibilidad.

Recomendación cuantificada: Establecer meta intermedia de alcanzar 1.0% del PIB en I+D para 2030 (incremento de 0.64 puntos porcentuales), lo que generaría 2,234 mujeres adicionales/año según estimaciones del modelo. Esta meta es ambiciosa pero alcanzable (varios países latinoamericanos superan 1.0%, Argentina está en 0.5%), y generaría beneficios colaterales amplios más allá de equidad de género: fortalecimiento de capacidades de innovación, productividad y competitividad internacional.

Sostenimiento y focalización estratégica de inversión educativa:

Si bien inversión educativa presenta menor efectividad marginal que I+D, es igualmente indispensable como componente complementario de estrategia integral. El efecto estimado ($\beta_3 = 2,549.26$) confirma que reducción de barreras económicas de acceso facilita desproporcionadamente ingreso de mujeres de sectores vulnerables.

Recomendación: Mantener gasto público en educación en torno a 5.5-6.0% del gasto del gobierno, pero con redistribución interna estratégica hacia: (1) becas STEM específicas para mujeres con criterios socioeconómicos; (2) fortalecimiento de educación científica en enseñanza media en establecimientos públicos (laboratorios, docentes especializados); (3) expansión de gratuidad universitaria priorizando carreras técnicas con alta brecha de género; (4) programas obligatorios de orientación vocacional con perspectiva de género en 3° y 4° medio.

Actualmente, solo 15% del gasto en educación superior se destina a ciencias e ingeniería pese a representar 30% de matrícula (Subsecretaría de Educación Superior, 2025), evidenciando desbalance que limita efectividad de inversiones.

Políticas de visibilización y transformación cultural:

La evidencia de tendencias temporales positivas significativas y del efecto del movimiento feminista 2018 ($\gamma_4 = 417.90$ en modelo alternativo) valida la relevancia de políticas "blandas" no directamente económicas: campañas de visibilización de referentes femeninos en ingeniería, protección de espacios de movilización estudiantil, fortalecimiento de marcos regulatorios contra discriminación y acoso.

Recomendación: Implementar campaña nacional permanente, con presupuesto anual de USD 5-10 millones (0.002% del PIB), incluyendo: (1) visibilización de ingenieras exitosas en medios masivos y redes sociales; (2) programa de mentoría institucionalizado conectando estudiantes de enseñanza media con ingenieras profesionales (meta: 10,000 relaciones mentoría/año); (3) premios nacionales anuales de reconocimiento a trayectorias destacadas; (4) material educativo con perspectiva de género para orientación vocacional.

El costo de estas intervenciones es marginal comparado con inversiones en I+D o educación, pero el modelo sugiere que contribuyen significativamente mediante efectos acumulativos de largo plazo capturados por la variable temporal.

Estrategia integral coordinada:

La significancia simultánea de múltiples predictores (inversión científica, inversión educativa, tendencias culturales) evidencia que equidad de género en ingeniería es fenómeno multidimensional que requiere abordajes integrados, no intervenciones aisladas.

Recomendación institucional: Crear Mesa Permanente Interministerial de Equidad de Género en Educación Superior Técnica (Ministerio de Ciencia - Ministerio de Educación - Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género) con: (1) mandato de coordinación de políticas; (2) metas cuantitativas a mediano y largo plazo (2025-2030: alcanzar 40% matrícula femenina en ingenierías); (3) presupuesto específico de USD 50 millones anuales; (4) sistema de monitoreo con indicadores trimestrales; (5) evaluaciones de impacto cada 3 años.

Vincular aportes fiscales directos a universidades con cumplimiento de metas institucionales de equidad de género (retención, graduación, ambiente institucional libre de acoso), generando incentivos para transformación desde dentro de instituciones.

Horizontes temporales y escenarios prospectivos:

La proyección para 2037 se construye bajo extrapolación lineal de las tendencias estimadas en el período 2005-2024, bajo el supuesto *ceteris paribus* de que las relaciones estructurales identificadas se mantienen constantes. Este escenario debe interpretarse como un ejercicio hipotético de planeación, no como una predicción con respaldo estadístico robusto. Cambios en política pública, contexto económico o factores culturales no modelados pueden alterar sustancialmente estos resultados.

La proyección lineal del modelo principal sugiere que, manteniendo tendencias e inversiones actuales, paridad se alcanzaría hacia 2037 (13.5 años adicionales). Este horizonte puede acelerarse significativamente mediante políticas activas:

- Escenario políticas moderadas (incremento I+D +0.34 puntos, educación +0.3 puntos):

Paridad hacia 2030 (6 años), aceleración de 7.5 años

- Escenario políticas ambiciosas (incremento I+D +0.64 puntos, educación +0.5 puntos):

Paridad hacia 2029 (5 años), aceleración de 8.5 años

Estos escenarios cuantificados proporcionan herramientas concretas para planificación estratégica de largo plazo y rendición de cuentas democrática. Autoridades que comprometan incrementos específicos en inversión pública podrán ser evaluadas posteriormente mediante comparación de resultados observados versus predichos por el modelo.

Es importante enfatizar que proyecciones lineales asumen constancia de parámetros estructurales (coeficientes del modelo), lo que puede no cumplirse en horizontes muy largos. Factores no anticipados (crisis económicas, cambios tecnológicos disruptivos, transformaciones en mercado laboral) pueden alterar relaciones estimadas. Adicionalmente, efectos pueden ser no lineales: rendimientos marginales de inversiones podrían ser decrecientes a niveles muy altos, o podrían existir umbrales donde efectos se aceleran.

Por tanto, proyecciones deben interpretarse como escenarios indicativos bajo supuestos explícitos, no como predicciones determinísticas. Requieren actualización periódica conforme se acumulen nuevas observaciones y se implementen políticas.

5.6 Interpretación de Los Resultados e Integración Con Hallazgos Previos

Convergencia con evidencia nacional previa:

Los hallazgos son consistentes con estudios nacionales previos que documentaron cualitativamente barreras de acceso y permanencia de mujeres en ingenierías, Martínez-Galaz et al. (2022) identificaron mediante entrevistas que climas académicos masculinizados, ausencia de referentes femeninos, y discriminación sutil constituyen barreras significativas. El presente estudio

cuantifica la magnitud de factores estructurales (inversiones públicas, tendencias culturales) que operan en dirección opuesta, facilitando el acceso.

Ogaz Rueda (2020) documentó percepciones de mujeres ingenieras sobre dificultades de conciliación trabajo-familia y discriminación laboral. Si bien el presente trabajo no captura directamente variables laborales post-egreso, la inclusión de variables de inversión en I+D y educación proporciona evidencia indirecta: mayores oportunidades laborales en sectores tecnológicos (generadas por inversión científica) y mejor preparación académica (facilitada por inversión educativa) pueden atenuar parcialmente estas barreras mediante mejora de posiciones negociadoras de mujeres en mercados laborales. Meruane et al. (2023) reportaron incremento sostenido pero insuficiente de participación femenina en ingeniería durante última década, hallazgo confirmado y extendido por presente análisis mediante cuantificación de tasas de crecimiento (5.7% anual) y proyecciones de horizontes para paridad (2037 bajo tendencias actuales, 2029-2030 con políticas activas).

Aporte único del presente estudio:

La principal contribución es la cuantificación de efectos marginales de instrumentos específicos de política pública, inexistente en literatura nacional previa:

- Estimación cuantitativa de elasticidad matrícula femenina respecto a inversión científica: 3,490 mujeres por punto porcentual del PIB
- Estimación de elasticidad respecto a inversión educativa: 2,549 mujeres por punto porcentual del PIB
- Evaluación cuantitativa de efecto de movimiento feminista 2018: +418 mujeres/año adicional (modelo alternativo)

Estas cuantificaciones aportan conocimiento descriptivo previo en información accionable para toma de decisiones presupuestarias y diseño de políticas basadas en evidencia.

Consistencia con evidencia internacional:

Las magnitudes de efectos estimados son consistentes con literatura internacional sobre determinantes de participación femenina en STEM:

- UNESCO (2023) reporta correlación positiva entre inversión en I+D y participación femenina en ciencia en análisis cross-country de 50 países, aunque sin cuantificación de elasticidades específicas. El presente estudio proporciona estimación para contexto chileno.

- Bello (2020) documenta que países latinoamericanos con mayor inversión científica (Brasil, Argentina) presentan mayor participación femenina relativa en carreras técnicas, consistente con efectos detectados en este modelo.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2014) enfatiza relevancia de inversión educativa en reducción de brechas de género, validando el efecto significativo de Gasto_Educ estimado en este estudio.

La consistencia internacional fortalece validez externa de hallazgos y sugiere que mecanismos identificados (oportunidades laborales, reducción de barreras económicas, visibilización de referentes) operan de manera similar en contextos nacionales diversos, aunque magnitudes específicas dependen de factores institucionales y culturales locales.

Reflexión sobre causalidad:

Es fundamental reconocer limitaciones de inferencia causal en diseño observacional no experimental empleado. Si bien fundamentación teórica, consistencia con literatura basada en

diseños causales, magnitudes económicas significativas, y robustez de estimaciones sugieren efectos genuinos, no puede descartarse completamente existencia de:

1. Causalidad inversa: Mayor matrícula femenina podría generar presión política para incrementar inversión pública en ciencia y educación (relación bidireccional no capturada por modelo estático).

2. Variables omitidas: Factores no observados correlacionados simultáneamente con inversiones públicas y matrícula femenina (ejemplo: gobiernos progresistas que priorizan tanto inversión en I+D/educación como políticas de equidad de género).

3. Simultaneidad: Decisiones de inversión pública en I+D y educación pueden tomarse simultáneamente como parte de estrategias de desarrollo integrales, complicando identificación de efectos individuales.

La validación de inferencias causales estrictas requeriría diseños experimentales o cuasi-experimentales (diferencias en diferencias aprovechando variación temporal y geográfica de políticas, variables instrumentales, discontinuidades en regresión) que están fuera del alcance de este estudio con datos agregados nacionales.

No obstante, los coeficientes estimados deben interpretarse como asociaciones robustas condicionadas a los factores incluidos en el modelo, que son consistentes con relaciones causales teóricamente fundamentadas, y que proporcionan evidencia para informar diseño de políticas bajo principio de precaución: si efectos estimados son genuinos (hipótesis consistente con teoría y evidencia previa), incrementar inversiones generaría beneficios sustantivos; si son parcialmente falsos, inversiones en I+D y educación tienen justificaciones independientes (innovación,

desarrollo humano) que validan su implementación incluso sin considerar efectos sobre equidad de género.

Síntesis interpretativa final:

El análisis econométrico proporciona evidencia de que el acceso de mujeres a Ingeniería Civil Industrial en Chile durante 2005-2024 estuvo determinado significativamente por tres factores estructurales complementarios:

1. Inversión pública en ciencia y tecnología (efecto más robusto)
2. Inversión pública en educación (efecto complementario significativo)
3. Transformaciones culturales graduales de largo plazo

Adicionalmente, el análisis de robustez sugiere que el movimiento estudiantil feminista de 2018 constituyó un punto de inflexión que generó un cambio de nivel significativo en el acceso femenino, aunque este efecto puede interpretarse como aceleración de tendencias culturales preexistentes en lugar de ruptura completa.

La convergencia de múltiples especificaciones (modelo principal, modelo alternativo con dummy) en confirmar efectos positivos significativos fortalece la validez de las conclusiones y demuestra que los hallazgos no dependen de decisiones metodológicas particulares, sino que reflejan patrones robustos en los datos.

Las implicancias para política pública: equidad de género en educación superior técnica requiere políticas públicas activas, sostenidas y multidimensionales que combinen inversiones económicas (I+D, educación) con transformaciones culturales e institucionales (visibilización, protocolos contra discriminación, espacios de movilización estudiantil).

Confiar únicamente en desarrollo económico general o en evolución cultural "natural" resultaría en horizontes prolongados para alcanzar paridad (13.5 años adicionales), mientras que políticas activas coordinadas podrían acelerar significativamente este proceso (5-6 años).

Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Síntesis General Del Trabajo

Este capítulo sintetiza los resultados presentados del análisis econométrico sobre los determinantes estructurales del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024. El análisis desarrollado permite abordar las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo 1, mediante la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple con errores estándar robustos HAC.

Adicionalmente, se estimó una especificación alternativa de robustez que reemplaza la variable temporal continua por una variable dummy `Post_Feminismo_2018`, permitiendo evaluar si el período posterior a mayo 2018 presenta diferencias estadísticamente significativas en la matrícula femenina respecto al período anterior, controlando por las variables de inversión pública.

Los resultados del modelo principal indican que tres factores se asocian juntamente con el 92.7% de la variabilidad en la matrícula femenina durante las dos décadas analizadas ($R^2_{ajustado}=0.927$, $F=89.96$, $p<0.001$):

Primero, la inversión en investigación y desarrollo presenta una asociación estadísticamente significativa ($\beta_2 = 3,490.23$, error estándar HAC = 891.63, $t = 3.915$, $p<0.001$), indicando que, en el modelo estimado, cada punto porcentual de incremento en el gasto en I+D como proporción del PIB se asocia con 3,490 mujeres adicionales matriculadas anualmente, manteniendo constantes otros factores incluidos en el modelo. Este hallazgo es consistente con la hipótesis H1 sobre la relevancia de ecosistemas científicos robustos como factores asociados al ingreso femenino hacia carreras STEM.

Segundo, la inversión pública en educación presenta una asociación complementaria significativa ($\beta_3 = 2,549.26$, error estándar HAC = 950.18, $t = 2.683$, $p = 0.007$), consistente con la hipótesis H2. Según el modelo estimado, cada punto porcentual de incremento en el gasto educativo se asocia con 2,549 mujeres adicionales matriculadas, controlando por las demás variables del modelo.

Tercero, el análisis de robustez mediante especificación alternativa indica que el período 2018-2024 se asocia estadísticamente con un incremento promedio de 418 mujeres matriculadas anualmente por encima del período 2005-2017 ($\gamma_4 = 417.90$, error estándar HAC = 99.03, $t = 4.219$, $p < 0.001$), controlando por inversiones públicas. Este resultado es consistente con la hipótesis H3 sobre cambios asociados temporalmente con el movimiento estudiantil feminista de mayo 2018.

La comparación entre ambas especificaciones (modelo principal con variable temporal continua vs modelo alternativo con dummy) muestra que, si bien el modelo principal presenta mayor capacidad explicativa (R^2 ajustado 15.8 puntos porcentuales superior), ambos modelos convergen en indicar asociaciones temporales positivas significativas. Esta convergencia fortalece la robustez estadística de los resultados y sugiere que el período post-2018 se asocia con cambios en el nivel promedio de matrícula femenina.

El modelo presenta diagnósticos econométricos aceptables tras aplicación de correcciones apropiadas: ausencia de multicolinealidad severa (VIF máximo = 2.95), normalidad de residuos (Shapiro-Wilk $p = 0.632$), homocedasticidad (Breusch-Pagan $p = 0.895$), y autocorrelación moderada abordada mediante errores HAC (Durbin-Watson = 1.448). Estos diagnósticos sugieren razonable confiabilidad de los coeficientes estimados dentro de las limitaciones propias del diseño.

6.2 Principales Conclusiones

Las principales conclusiones del estudio, organizadas en torno a las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo 1, son las siguientes:

Pregunta principal: ¿En qué medida y con qué magnitud el gasto nacional en investigación y desarrollo, el gasto público en educación y la tendencia lineal temporal se asocian con la evolución del ingreso de mujeres a la carrera de Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024?

Respuesta: El modelo estimado indica que los tres factores se asocian juntamente con el 92.7% de la variabilidad en la matrícula femenina. Los coeficientes estimados podrían cuantificar asociaciones marginales: la inversión en I+D presenta el coeficiente más alto (3,490 mujeres por punto porcentual del PIB, según el modelo), seguida por inversión en educación (2,549 mujeres por punto porcentual del gasto gubernamental), y tendencias temporales lineales (52 mujeres por año). La significancia estadística de los tres predictores ($p < 0.01$ en todos los casos) permite rechazar la hipótesis nula de coeficientes iguales a cero, indicando asociaciones estadísticamente detectables en la muestra analizada.

Pregunta específica 1: ¿Cuál es el efecto marginal estimado de un incremento de un punto porcentual en el gasto en I+D como proporción del PIB sobre el número de mujeres matriculadas anualmente en Ingeniería Civil Industrial, manteniendo constantes otros factores en el modelo?

Respuesta: El coeficiente estimado es de 3,490.23 mujeres adicionales matriculadas por cada punto porcentual de incremento en el gasto en I+D como proporción del PIB ($\beta_2 = 3,490.23$, error estándar HAC=891.63, $t = 3.915$, $p < 0.001$). El intervalo de confianza al 95% sugiere que este coeficiente podría ubicarse entre 1,743 y 5,237 mujeres en el escenario más conservador.

Interpretado en escenarios hipotéticos:

- Un incremento de 0.1 puntos porcentuales se asociaría con 349 mujeres adicionales/año según el modelo (+29% respecto a nivel 2024)
- Alcanzar 1.0% del PIB (incremento de 0.64 puntos desde nivel actual de 0.36%) se asociaría con 2,234 mujeres adicionales/año según la estimación
- Convergencia al promedio OCDE de 2.7% del PIB se asociaría con 8,167 mujeres adicionales/año según la extrapolación del modelo

Nota importante: Estas proyecciones asumen linealidad de la relación y estabilidad de los coeficientes estimados fuera del rango observado en la muestra (0.32%-0.44% del PIB), lo cual constituye una extrapolación que debe interpretarse con cautela.

Pregunta específica 2: ¿Cuál es el efecto marginal estimado del gasto público en educación como porcentaje del gasto del gobierno sobre la matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial, controlando por inversión científica y tendencias temporales en el modelo?

Respuesta: El coeficiente estimado es de 2,549.26 mujeres adicionales matriculadas por cada punto porcentual de incremento en el gasto educativo como proporción del gasto del gobierno ($\beta_3=2,549.26$, error estándar HAC=950.18, $t=2.683$, $p=0.007$).

Interpretado en escenarios hipotéticos:

- Un incremento de 0.5 puntos porcentuales se asociaría con 1,275 mujeres adicionales/año según el modelo
- Un incremento de 1.0 punto porcentual se asociaría con 2,549 mujeres adicionales/año según la estimación

El coeficiente es aproximadamente 27% menor en magnitud que el de inversión en I+D por punto porcentual, aunque las unidades de medida difieren (% del PIB vs % del gasto gubernamental), lo que limita la comparabilidad directa.

Pregunta específica 3: ¿Cuál de los factores estructurales analizados (inversión en I+D e inversión en educación) presenta mayor robustez estadística en el modelo estimado?

Respuesta: En términos de robustez estadística medida por el estadístico t, la inversión en investigación y desarrollo presenta $t=3.915$ (el más alto entre las variables de política pública), comparado con $t=2.683$ para inversión en educación. La variable temporal continua presenta el estadístico t más elevado de todas las variables ($t=14.063$), reflejando la alta precisión de su estimación en el modelo.

En términos de magnitud de coeficientes, la inversión científica presenta $\beta_2=3,490.23$, que es 37% superior en valor absoluto al coeficiente de inversión en educación ($\beta_3=2,549.26$), aunque esta comparación debe considerar que las variables están medidas en unidades diferentes.

Es importante enfatizar que el modelo indica asociaciones simultáneas de ambas variables, sugiriendo complementariedad más que sustitución entre instrumentos de política.

Pregunta específica 4: ¿Qué escenarios cuantitativos basados en el modelo (incrementos específicos en inversión) se asociarían con alcanzar la paridad de género (50% de matrícula femenina) en horizontes temporales definidos?

Respuesta: Asumiendo una brecha aproximada de 700 mujeres hasta alcanzar paridad (de ~1,200 mujeres en 2024 a ~1,900 necesarias para 50%), y utilizando los coeficientes del modelo para proyecciones lineales:

Escenario 1 - Mantenimiento de tendencias actuales: Utilizando solo la tendencia temporal del modelo ($\beta_1=51.94$ mujeres/año), se requerirían aproximadamente 13.5 años adicionales para alcanzar paridad, es decir hacia 2037-2038.

Escenario 2 - Políticas moderadas: Incrementar inversión en I+D de 0.36% a 0.7% del PIB (+0.34 puntos) se asociaría, según el modelo, con un efecto combinado de aproximadamente 1,239 mujeres/año (1,187 por I+D + 52 por tendencia temporal), alcanzando paridad hacia 2030 en esta proyección lineal.

Escenario 3 - Políticas significativas: Incrementar inversión en I+D de 0.36% a 1.0% del PIB (+0.64 puntos) e incrementar inversión en educación de 5.5% a 6.0% (+0.5 puntos) se asociaría, según el modelo, con un efecto combinado de aproximadamente 3,561 mujeres/año (2,234 por I+D + 1,275 por educación + 52 por tendencia), alcanzando paridad hacia 2025-2026 en esta proyección.

Pregunta específica 5: ¿El período posterior a mayo 2018 presenta diferencias estadísticamente significativas en la matrícula femenina, independientemente de las tendencias capturadas por variables de inversión?

Respuesta: El análisis de robustez mediante especificación alternativa indica que el período 2018-2024 se asocia estadísticamente con un incremento promedio de 418 mujeres matriculadas anualmente por encima del período 2005-2017 ($\gamma_4=417.90$, error estándar HAC=99.03, $t=4.219$, $p<0.001$), manteniendo constantes las inversiones públicas en I+D y educación en el modelo.

Este resultado indica que existe una asociación temporal estadísticamente detectable entre el período post-2018 y niveles más altos de matrícula femenina, consistente con cambios

institucionales y culturales que pudieron ocurrir en ese período. Sin embargo, el diseño del estudio no permite establecer relaciones causales directas ni aislar el efecto específico del movimiento feminista de otros factores contemporáneos.

6.2.1 Contraste de Hipótesis

Las tres hipótesis propuestas en el Capítulo 1 muestran resultados consistentes con las predicciones teóricas:

H1 (Inversión en ciencia y tecnología): Los resultados indican una asociación positiva y estadísticamente significativa entre gasto en I+D y matrícula femenina ($\beta_2=3,490.23$, $p<0.001$), consistente con la hipótesis planteada.

H2 (Inversión en educación pública): Los resultados indican una asociación positiva y estadísticamente significativa entre gasto público en educación y matrícula femenina ($\beta_3=2,549.26$, $p=0.007$), consistente con la hipótesis planteada.

H3 (Cambios asociados al período 2018): El modelo alternativo indica una diferencia estadísticamente significativa entre períodos, con incremento promedio de 418 mujeres/año en 2018-2024 respecto a 2005-2017 ($\gamma_4=417.90$, $p<0.001$), consistente con la hipótesis planteada.

La consistencia de signos y significancia estadística de las tres hipótesis proporciona apoyo empírico al marco conceptual desarrollado en el Capítulo 2, dentro de las limitaciones metodológicas del diseño observacional empleado.

6.3 Contribución Del Estudio

Este trabajo presenta contribuciones en tres dimensiones complementarias: empírica, metodológica, y de información para política pública.

6.3.1 *Contribución Empírica*

Este trabajo presenta evidencia econométrica longitudinal (20 años, 2005-2024) que cuantifica asociaciones entre factores macroestructurales y el acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial en Chile, complementando la literatura nacional existente basada en aproximaciones cualitativas, estudios de caso institucionales, o análisis descriptivos.

Aportes empíricos específicos:

1. **Cuantificación de asociaciones marginales:** Se establecen magnitudes numéricas de los coeficientes que asocian inversiones públicas con matrícula femenina en el modelo estimado (3,490 mujeres por punto porcentual de PIB en I+D, 2,549 por punto en educación). Estas estimaciones transforman información descriptiva en información cuantitativa, aunque debe reconocerse que no establecen relaciones causales.
2. **Identificación de asociaciones estadísticas robustas:** La evidencia indica que inversión científica presenta el estadístico t más alto entre variables de política pública ($t=3.915$ vs $t=2.683$), sugiriendo mayor precisión en la estimación de este coeficiente en el modelo. Esta información es relevante para contexto chileno donde I+D está en 0.36% del PIB (vs 2.7% promedio OCDE).
3. **Cuantificación de diferencias temporales:** El modelo alternativo de robustez proporciona una cuantificación de la diferencia promedio entre períodos ($\gamma_4=417.90$, $p<0.001$), documentando que el período 2018-2024 se asocia con niveles más altos de matrícula femenina, controlando por variables de inversión.
4. **Construcción de escenarios prospectivos:** Los coeficientes estimados aportan información para construir proyecciones lineales para diferentes supuestos de política (13.5

años bajo tendencia actual, 5-6 años con incrementos significativos), aunque estas proyecciones deben interpretarse con las advertencias metodológicas correspondientes sobre extrapolación y linealidad.

6.3.2 Contribución Metodológica

El trabajo establece un protocolo metodológico documentado para análisis econométricos de series temporales educativas con muestras pequeñas, que puede servir de referencia para trabajos futuros.

Aportes metodológicos específicos:

1. **Tratamiento sistemático de multicolinealidad:** El proceso de eliminación iterativa basado en VIF combinado con criterios de relevancia teórica proporciona una metodología documentada para selección de variables en contextos donde predictores están correlacionados. La documentación del proceso (ocho variables iniciales a tres variables finales mediante cinco iteraciones) facilita evaluación de decisiones metodológicas.
2. **Aplicación de correcciones robustas:** El uso de errores estándar HAC mediante corrección de Newey-West aborda potenciales problemas de heterocedasticidad y autocorrelación en series temporales educativas. La comparación entre errores clásicos y HAC (diferencias <5%) documenta que las correcciones no alteran sustancialmente resultados en este caso particular.
3. **Centrado de variables temporales:** La transformación de la variable Año mediante sustracción del punto medio del período (reduciendo Condition Number de 1.79×10^6 a 404) ilustra la relevancia de técnicas de estabilización numérica en modelos con variables de escalas diferentes.

4. **Integración de diagnósticos:** La aplicación sistemática de pruebas de multicolinealidad (VIF), normalidad (Shapiro-Wilk), homocedasticidad (Breusch-Pagan), y autocorrelación (Durbin-Watson) proporciona un protocolo de validación documentado. La presentación explícita de estadísticos y valores p facilita evaluación de cumplimiento de supuestos.
5. **Análisis de robustez mediante especificaciones alternativas:** La comparación sistemática entre modelo principal (variable temporal continua) y modelo alternativo (variable dummy) documenta que los resultados no dependen críticamente de una especificación particular, fortaleciendo la robustez estadística de los hallazgos dentro del diseño empleado.
6. **Documentación de limitaciones metodológicas:** El reconocimiento explícito de limitaciones (tamaño muestral, posibles variables omitidas, supuestos de linealidad, limitaciones para inferencia causal) establece transparencia sobre el alcance apropiado de las conclusiones.

6.3.3 Contribución de Información Para Política Pública

El estudio proporciona información cuantitativa que puede ser considerada por tomadores de decisiones, reconociendo las limitaciones del diseño observacional para establecer relaciones causales.

Información relevante para política pública:

1. **Cuantificación de asociaciones:** La evidencia de que inversión en I+D presenta coeficientes 37% mayores que inversión en educación (en las unidades medidas) proporciona información sobre magnitudes relativas de asociaciones, aunque no puede

interpretarse como efectividad causal comparada sin análisis adicional de costos y mecanismos.

2. **Escenarios cuantitativos con supuestos explícitos:** Los escenarios prospectivos desarrollados en el análisis proporcionan información sobre horizontes temporales bajo diferentes supuestos de inversión, facilitando deliberación informada. Las autoridades deben considerar estos escenarios reconociendo que constituyen extrapolaciones lineales del modelo, no predicciones causales.
3. **Identificación de asociaciones simultáneas:** La significancia estadística de ambas inversiones (I+D y educación) sugiere que ambos factores se asocian con variaciones en matrícula femenina, indicando potencial relevancia de estrategias que consideren múltiples dimensiones.
4. **Cuantificación de tendencias temporales:** La proyección de que bajo tendencia temporal actual (sin cambios en inversiones) la paridad se alcanzaría hacia 2037 (13.5 años adicionales) cuantifica la trayectoria bajo escenario de mantenimiento del estado natural.
5. **Base para establecer indicadores:** Los coeficientes cuantificados pueden servir como referencia para establecer métricas de seguimiento, aunque debe reconocerse que relaciones futuras pueden diferir de las estimadas en período 2005-2024.
6. **Información para coordinación intersectorial:** Los hallazgos documentan que matrícula femenina se asocia simultáneamente con variables vinculadas a diferentes ministerios (Ministerio de Ciencia, Ministerio de Educación), sugiriendo relevancia de coordinación entre sectores.

6.4 Limitaciones Del Estudio y Futuras Líneas de Trabajo

6.4.1 *Tamaño Muestral y Potencia Estadística*

La serie de veinte observaciones anuales (2005-2024), aunque permite capturar tendencias de largo plazo y cumple con requisitos mínimos para regresión múltiple con tres variables independientes, presenta limitaciones para la potencia estadística del modelo.

6.4.2 *Limitaciones Específicas*

1. **Restricciones para modelos no lineales:** El tamaño muestral no permite estimar robustamente especificaciones con términos cuadráticos, interacciones entre variables, o umbrales, sin riesgo elevado de sobreajuste. Es plausible que inversión en I+D presente rendimientos marginales decrecientes a niveles altos, pero esta hipótesis no es testeable con $n=20$. Trabajos futuros con series más extensas (30+ observaciones) podrán explorar no linealidades.
2. **Limitaciones para análisis de subperíodos:** El tamaño muestral no permite evaluar si coeficientes difieren significativamente entre etapas temporales distintas (ejemplo: período pre-gratuidad 2005-2015 vs post-gratuidad 2016-2024) sin perder completamente potencia estadística. Análisis de cambios estructurales mediante tests de Chow requieren típicamente muestras mayores.
3. **Limitación para evaluación de políticas recientes:** El programa "Más Mujeres Científicas" (+MC) implementado desde 2024 cuenta con solo una observación post-implementación, insuficiente para evaluación. Evaluaciones requerirán 3-5 años adicionales de datos (2027-2029).

Los coeficientes estimados deben interpretarse como asociaciones estadísticas robustas condicionadas a factores incluidos en el modelo, que son consistentes con relaciones

conceptualmente fundamentadas en la literatura, y que proporcionan información útil para diseño de políticas bajo reconocimiento de las limitaciones metodológicas señaladas.

6.4.3 *Futuras Líneas de Trabajo*

Las limitaciones identificadas sugieren múltiples líneas de trabajo complementarias:

1. **Extensión temporal:** Actualizar periódicamente el modelo conforme se acumulen nuevas observaciones (2025, 2026, ...), permitiendo evaluación de programas recientes (+MC 2024) y exploración de especificaciones no lineales con mayor potencia estadística.
2. **Desagregación institucional:** Desarrollar modelos de panel con datos por universidad y región (requiere acceso a microdatos del SIES mediante convenios institucionales), explorando heterogeneidades de asociaciones entre instituciones con características diferenciadas.
3. **Análisis de otras carreras STEM:** Replicar metodología para Ingeniería Eléctrica, Mecánica, Ciencias de la Computación, Física, Matemáticas, evaluando si asociaciones identificadas son generalizables o específicas de Ingeniería Civil Industrial.
4. **Metodologías mixtas:** Complementar análisis cuantitativo con estudios cualitativos profundos (entrevistas, grupos focales) que capturen dimensiones culturales y simbólicas no cuantificables longitudinalmente.
5. **Evaluaciones causales de programas específicos:** Diseñar evaluaciones cuasi-experimentales del programa +MC mediante diferencias en diferencias o discontinuidades en regresión, una vez existan suficientes observaciones post-implementación.

6. **Estudios de trayectorias completas:** Análisis longitudinales de cohortes siguiendo trayectorias desde ingreso hasta inserción laboral, identificando puntos críticos de deserción y barreras de permanencia.
7. **Análisis comparativos regionales:** Estudios comparativos en América Latina con metodologías estandarizadas, identificando patrones generalizables y contextos institucionales diferenciadores.
8. **Análisis de mecanismos:** Estudios que identifiquen mediante qué canales específicos operan las asociaciones entre inversiones públicas y matrícula (¿oportunidades laborales? ¿referentes? ¿infraestructura?), utilizando análisis de mediación cuando datos lo permitan.
9. **Evaluación de sostenibilidad:** Estudios de seguimiento de cohortes para evaluar si incrementos en matrícula se traducen en graduación, inserción laboral exitosa, y permanencia en sectores tecnológicos de largo plazo.

6.5 Recomendaciones Para Consideración de Política Pública

Con base en las asociaciones estadísticas documentadas en esta investigación, se presentan consideraciones que pueden ser relevantes para tomadores de decisiones. Estas consideraciones deben interpretarse reconociendo las limitaciones metodológicas del estudio para establecer relaciones causales, particularmente el diseño observacional, tamaño muestral limitado, y posibles variables omitidas.

6.5.1 Consideraciones Estratégicas de Largo Plazo (2025-2040)

Las siguientes recomendaciones se presentan como lineamientos orientativos derivados de los patrones de asociación identificados en el período 2005-2024. Dada la naturaleza exploratoria

del estudio (n=20, diseño observacional), estas recomendaciones están sujetas a validación empírica adicional con muestras más amplias antes de ser implementadas como política pública.

- **Consideración 1: Inversión en I+D como factor asociado a matrícula femenina**

La evidencia del modelo indica que el gasto en investigación y desarrollo presenta la asociación estadística más robusta con matrícula femenina ($\beta_2=3,490.23$, $p<0.001$), con un estadístico t de 3.915. El modelo sugiere que cada punto porcentual de incremento en I+D como proporción del PIB se asocia con 3,490 mujeres adicionales matriculadas, manteniendo constantes otros factores del modelo.

Elementos a considerar:

- Chile presenta una inversión en I+D de 0.36% del PIB (2024), significativamente inferior al promedio OCDE de 2.7%
- El modelo sugiere que incrementos graduales hacia 1.0% del PIB para 2030 (incremento de 0.64 puntos porcentuales) se asociarían con aproximadamente 2,234 mujeres adicionales matriculadas anualmente según la extrapolación lineal
- Esta proyección asume estabilidad de coeficientes y linealidad fuera del rango observado (0.32%-0.44%), lo cual constituye una extrapolación que debe interpretarse con cautela
- Los mecanismos específicos mediante los cuales inversión en I+D se asocia con matrícula femenina (oportunidades laborales, referentes, infraestructura, señalización) no son directamente medidos en este estudio.

Información de contexto para deliberación:

- Incrementos en I+D tienen múltiples justificaciones independientes del objetivo de equidad de género: fortalecimiento de capacidades de innovación, mejora de competitividad internacional, desarrollo de sectores intensivos en conocimiento.
- La vinculación de incrementos en financiamiento a indicadores de equidad de género podría potenciar sinergias entre objetivos de desarrollo científico y equidad.
- La implementación requeriría coordinación entre Ministerio de Ciencia y Ministerio de la Mujer para establecimiento de criterios y sistemas de seguimiento.
- **Consideración 2: Inversión en educación como factor complementario**

El modelo indica una asociación estadísticamente significativa entre gasto público en educación y matrícula femenina ($\beta_3=2,549.26$, $p=0.007$). Cada punto porcentual de incremento en gasto educativo como proporción del gasto del gobierno se asocia con 2,549 mujeres adicionales matriculadas según el modelo.

Elementos a considerar:

- Chile presenta un gasto público en educación fluctuante entre 5.1% y 6.1% del PIB durante el período analizado.
- El modelo sugiere que incrementos de 0.5 puntos porcentuales se asociarían con aproximadamente 1,275 mujeres adicionales matriculadas, bajo supuestos de linealidad.
- La significancia estadística simultánea de ambas variables de inversión (I+D y educación) sugiere complementariedad, no sustitución, entre instrumentos.

Información de contexto para deliberación:

- Redistribución interna del presupuesto educativo podría potenciar efectos sin incrementos presupuestarios adicionales significativos: actualmente aproximadamente 15% del presupuesto de educación superior se destina a ciencias e ingeniería pese a representar 30% de matrícula.
- Programas específicos que podrían considerarse incluyen: becas STEM focalizadas para mujeres con criterios socioeconómicos, fortalecimiento de educación científica en enseñanza media en establecimientos públicos, expansión gradual de gratuidad universitaria priorizando carreras técnicas.
- La efectividad de estos programas específicos no es directamente evaluada en este estudio y requeriría evaluaciones de impacto específicas.
- **Consideración 3: Coordinación intersectorial**

La significancia simultánea de múltiples predictores (inversión científica, educativa, tendencias temporales) sugiere que matrícula femenina se asocia con factores bajo jurisdicción de múltiples instituciones gubernamentales.

Elementos a considerar:

- Las políticas relacionadas con equidad de género en educación superior técnica actualmente se distribuyen entre múltiples ministerios que frecuentemente operan sin coordinación sistemática: Ministerio de Ciencia (inversión en I+D, programa +MC), Ministerio de Educación (inversión educativa, gratuidad, becas), Ministerio de la Mujer (marcos normativos, campañas de sensibilización).

- Modelos de coordinación intersectorial podrían incluir: mesas permanentes con mandatos específicos, secretarías técnicas compartidas, sistemas integrados de indicadores con actualización periódica.
- La implementación de coordinación intersectorial presenta desafíos organizacionales que deben considerarse: resistencias institucionales, diferencias de prioridades presupuestarias, complejidad de sistemas de rendición de cuentas compartidos.

6.5.2 Consideraciones Tácticas de Mediano Plazo (2025-2028)

- **Consideración 4: Programa "Más Mujeres Científicas" (+MC)**

El programa +MC, implementado desde admisión 2024, representa una política focalizada de incremento de acceso femenino a carreras STEM. El período de observación en este estudio es insuficiente para evaluación (solo 1 año post-implementación).

Elementos a considerar:

- Evaluación rigurosa del impacto del programa requiere diseños cuasi-experimentales con mayor período de observación (3-5 años post-implementación).
- Metodologías apropiadas incluirían diferencias en diferencias (comparando instituciones participantes vs no participantes) o discontinuidades en regresión (si existen umbrales de elegibilidad claros).
- Variables relevantes para evaluación incluyen: tasas de retención de primer a segundo año, promedios académicos, percepción de clima institucional, tasas de titulación oportuna.
- La expansión del programa debería idealmente informarse por evidencia de impacto de implementación inicial.

- **Consideración 5: Visibilización de referentes femeninos**

La evidencia del modelo alternativo indica que el período 2018-2024 se asocia con un incremento promedio de 418 mujeres matriculadas anualmente por encima del período 2005-2017 ($\gamma_4=417.90$, $p<0.001$), controlando por inversiones públicas. Aunque el diseño no permite establecer causalidad directa, este resultado es temporalmente consistente con cambios institucionales y culturales del período.

Elementos a considerar:

- Campañas de visibilización de referentes femeninos en ingeniería pueden complementar políticas de inversión pública.
- Componentes potenciales incluyen: series documentales perfilando trayectorias de ingenieras destacadas, campañas en redes sociales, programas de reconocimiento, material educativo para enseñanza básica y media.
- La efectividad específica de campañas de visibilización no es directamente medida en este estudio y requeriría evaluaciones específicas.
- Encuestas bienales a estudiantes de enseñanza media podrían medir cambios en percepciones sobre ingeniería como carrera apropiada para mujeres.
- **Consideración 6: Implementación de marcos normativos contra acoso sexual**

La Ley 21.369 (2021) constituye un marco normativo relevante, aunque el período post-implementación en este trabajo es corto (3 años) para evaluación robusta. La variable está capturada implícitamente en la dummy `Post_Feminismo_2018` del modelo alternativo.

Elementos a considerar:

- Literatura documenta que climas académicos adversos, caracterizados por acoso sexual y discriminación, afectan tanto acceso como permanencia de mujeres en ingenierías.
- La efectividad de marcos normativos depende críticamente de calidad de implementación institucional, que presenta heterogeneidad significativa entre universidades.
- Elementos de implementación efectiva incluyen: Unidades de Género con personal dedicado y presupuesto suficiente, protocolos de investigación y sanción con estándares claros, programas de prevención y capacitación obligatoria.
- Fiscalización activa por Superintendencia de Educación Superior podría verificar cumplimiento, complementada con encuestas de clima institucional a muestras representativas de estudiantes.

6.5.3 Consideraciones de Implementación Inmediata (2025-2026)

- **Consideración 7: Programas piloto de mentoría**

Programas que conecten estudiantes mujeres de enseñanza media con ingenieras profesionales podrían complementar políticas de inversión, aunque su efectividad específica no es medida en este estudio.

Elementos a considerar:

- Diseño potencial incluiría: emparejamiento estudiante-mentora considerando afinidad de intereses, compromiso de 1 año académico con encuentros periódicos, capacitación inicial para mentoras.
- Evaluación de impacto mediante comparación con grupo control permitiría medir efectividad antes de escalamiento.

- Variables relevantes incluirían: tasas de postulación a ingenierías, percepciones sobre carreras técnicas, autoeficacia en matemáticas/ciencias.
- Implementación piloto regional (2-3 regiones) con 1,000-2,000 estudiantes permitiría evaluación antes de escalamiento nacional.
- **Consideración 8: Fondos concursables para proyectos institucionales**

Fondos destinados a cofinanciar proyectos de universidades orientados a incrementar acceso, retención y graduación de mujeres en carreras tecnológicas podrían estimular innovación institucional.

Elementos a considerar:

- Líneas temáticas potenciales: programas de nivelación académica, iniciativas de acompañamiento integral, transformación curricular con perspectiva de género, capacitación docente, fortalecimiento de Unidades de Género.
- Requisitos de evaluación rigurosa de impacto con grupos control o metodologías cuasi-experimentales facilitarían aprendizaje sobre efectividad.
- Plataforma de intercambio de experiencias y repositorio de buenas prácticas potenciaría aprendizaje institucional.
- Vinculación de estos fondos a cumplimiento de indicadores de equidad podría estimular transformaciones institucionales.

6.5.4 Consideraciones Sobre Financiamiento

Las consideraciones anteriores, si se implementaran conjuntamente, requerirían incrementos de inversión pública. Para deliberación informada, se presenta información sobre magnitudes aproximadas:

Estimación de costos fiscales:

- Incremento gradual de inversión en I+D de 0.36% a 1.0% del PIB en período 2025-2030: aproximadamente USD 1,920 millones acumulados (asumiendo PIB de USD 300 mil millones, incrementos anuales de USD 192 millones).
- Incremento de inversión en educación de 5.5% a 6.0% del PIB: aproximadamente USD 1,500 millones anuales adicionales.
- Programas específicos (campaña de visibilización, programa de mentorías, fondo concursable, fortalecimiento de fiscalización): aproximadamente USD 50-80 millones anuales combinados.

Total estimado: USD 3,500-4,000 millones acumulados en período 2025-2030, equivalente a aproximadamente 0.19-0.22% del PIB anual adicional.

Contexto para evaluación de costos:

- Estas inversiones tienen justificaciones independientes del objetivo de equidad de género: inversión en I+D mejora capacidades de innovación y competitividad; inversión en educación es desarrollo de capital humano general.
- Literatura internacional sugiere retornos económicos de diversidad de género en sectores tecnológicos, aunque magnitudes específicas para Chile no están cuantificadas.
- Decisiones sobre priorización presupuestaria requieren considerar múltiples objetivos de política pública simultáneamente, no únicamente equidad de género.

6.5.5 *Advertencias Importantes Sobre Estas Consideraciones*

1. **Limitaciones para inferencia causal:** Este estudio documenta asociaciones estadísticas, no relaciones causales verificadas. Las consideraciones se basan en coeficientes de un modelo observacional con limitaciones reconocidas.
2. **Extrapolaciones fuera de rango observado:** Los escenarios cuantitativos mencionados constituyen extrapolaciones lineales del modelo fuera del rango de datos observado en la muestra (I+D entre 0.32%-0.44% del PIB). Efectos reales pueden diferir por no linealidades, rendimientos marginales decrecientes, o restricciones de capacidad institucional.
3. **Supuesto de estabilidad estructural:** Las proyecciones asumen que coeficientes estimados para período 2005-2024 se mantendrán estables en período 2025-2035. Cambios estructurales futuros pueden alterar estas relaciones.
4. **Variables no consideradas:** El modelo no incluye múltiples factores potencialmente relevantes (estereotipos de género, calidad de ambientes institucionales, expectativas familiares, programas institucionales específicos), lo que implica que efectos estimados están condicionados a factores incluidos.
5. **Heterogeneidad no capturada:** Efectos agregados nacionales pueden ocultar heterogeneidad significativa entre regiones, tipos de instituciones, y niveles socioeconómicos. Políticas pueden requerir adaptación según contextos específicos.
6. **Necesidad de evaluaciones específicas:** La efectividad de programas específicos mencionados (mentorías, campañas, fondos concursables) no es directamente evaluada en este estudio. Implementación debería acompañarse de evaluaciones rigurosas de impacto.

6.6 Recomendaciones Para Trabajo Futuro

Las limitaciones metodológicas identificadas, sugieren múltiples líneas de trabajo complementarias que podrían fortalecer la comprensión empírica del fenómeno analizado y mejorar la base de evidencia disponible para diseño e implementación de políticas de equidad de género en educación superior técnica en Chile. Estas líneas de trabajo futuro abarcan desde extensiones temporales del análisis actual hasta aproximaciones metodológicas completamente diferentes que permitirían capturar dimensiones no observables mediante análisis econométrico de series temporales agregadas.

La extensión temporal del análisis mediante actualización periódica del modelo constituye una línea de trabajo fundamental para consolidar los hallazgos presentados y evaluar su estabilidad en el tiempo. Conforme se acumulen nuevas observaciones anuales correspondientes a los años 2025, 2026 y períodos subsiguientes, la actualización sistemática del modelo permitiría evaluar la estabilidad temporal de los coeficientes estimados, identificando si las magnitudes de las asociaciones entre inversiones públicas y matrícula femenina permanecen constantes o varían significativamente en períodos subsecuentes.

Esta actualización posibilitaría además la evaluación rigurosa de asociaciones del programa "Más Mujeres Científicas" una vez existan entre tres y cinco observaciones post-implementación, disponibles aproximadamente hacia los años 2027-2029, período que proporcionaría potencia estadística suficiente para detectar efectos del programa mediante diseños cuasi-experimentales apropiados. Adicionalmente, muestras extendidas de treinta o más observaciones, disponibles hacia el año 2035, permitirían explorar especificaciones no lineales que capturen posibles rendimientos marginales decrecientes de inversiones públicas o existencia de umbrales mínimos bajo los cuales no se observan asociaciones detectables con matrícula femenina.

La metodología recomendada para esta línea de trabajo incluye el establecimiento de un protocolo de actualización anual con procedimientos estandarizados, reestimando el modelo con datos actualizados provenientes de bases oficiales del Consejo Nacional de Educación (CNED) y del Banco Mundial, publicando resultados en repositorios de acceso abierto que garanticen transparencia y replicabilidad, e implementando evaluaciones quinquenales por paneles de expertos independientes sobre pertinencia y vigencia de la especificación del modelo frente a cambios en contextos institucionales y disponibilidad de nuevas variables relevantes.

La desagregación institucional y regional mediante desarrollo de modelos de panel con datos por universidad y región constituye una segunda línea prioritaria de investigación futura. Los datos agregados a nivel nacional utilizados en este estudio ocultan heterogeneidades potencialmente significativas entre instituciones con características diferenciadas y entre regiones con contextos socioeconómicos y culturales diversos. El desarrollo de bases de datos panel que incorporen variación entre universidades y a lo largo del tiempo permitiría abordar preguntas actualmente no respondidas.

Entre estas preguntas se encuentra evaluar si las asociaciones entre inversión en investigación y desarrollo y matrícula femenina difieren entre universidades estatales versus privadas, entre instituciones tradicionales pertenecientes al Consejo de Rectores versus universidades de creación más reciente, o entre universidades altamente selectivas versus instituciones con admisión más inclusiva. Similarmente, permitiría evaluar si las políticas de gratuidad universitaria implementadas desde 2016 presentan asociaciones diferenciadas según región geográfica o según nivel socioeconómico predominante de las estudiantes matriculadas. También posibilitaría examinar si universidades con mayor proporción de mujeres en sus plantas

académicas de ingeniería presentan mayores incrementos en matrícula femenina, controlando por otros factores institucionales.

La metodología sugerida para esta línea requiere solicitar acceso formal a microdatos administrativos del Sistema de Información de Educación Superior (SIES) mediante convenios institucionales que garanticen confidencialidad y uso apropiado de información sensible, permitiendo construcción de paneles balanceados con aproximadamente setenta instituciones observadas durante veinte años. La estimación de modelos de efectos fijos permitiría controlar por heterogeneidad no observable entre instituciones que permanece constante en el tiempo, tales como tradición institucional, prestigio acumulado históricamente o cultura organizacional específica.

La utilidad práctica de esta línea de trabajo radica en la identificación de prácticas institucionales específicas asociadas con mejores resultados en términos de acceso y retención de estudiantes mujeres, información que puede orientar diseño de políticas diferenciadas según contexto institucional y transferencia de mejores prácticas entre universidades con características similares.

El análisis de otras carreras del área STEM mediante replicación de la metodología desarrollada en este estudio constituye una tercera línea relevante de trabajo futuro. Este trabajo se focalizó específicamente en Ingeniería Civil Industrial, carrera que presenta características particulares como su componente significativo de gestión empresarial, alta selectividad en admisión y diversificación de trayectorias profesionales hacia sectores tanto técnicos como administrativos. Sin embargo, otras carreras de ingeniería presentan brechas de género incluso más pronunciadas y características disciplinarias diferentes que pueden generar patrones de acceso femenino específicos.

La aplicación de metodología equivalente a ingenierías masculinizadas permitiría evaluar si las asociaciones identificadas son generalizables o específicas de Ingeniería Civil Industrial. Las carreras prioritarias para análisis comparativo incluyen Ingeniería Eléctrica, donde las mujeres representan aproximadamente el nueve por ciento de la matrícula total, Ingeniería Mecánica con aproximadamente doce por ciento de participación femenina, e Ingeniería Civil en Obras Civiles con alrededor del quince por ciento de mujeres matriculadas (Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género [MinMujeryEG], 2023). Adicionalmente, el análisis podría extenderse a ciencias básicas como Física, Matemáticas y Ciencias de la Computación, disciplinas que presentan brechas de género significativas pero con dinámicas potencialmente diferentes a las ingenierías aplicadas.

La inclusión de educación técnica superior, específicamente carreras de nivel técnico en especialidades industriales ofrecidas por Centros de Formación Técnica e Institutos Profesionales, permitiría evaluar si los determinantes del acceso femenino operan de manera similar en educación universitaria y en formación técnica de nivel superior. La metodología sugerida incluye construcción de bases de datos paralelas con información del Consejo Nacional de Educación desagregada por carrera específica, estimación de modelos econométricos con especificación idéntica a la utilizada en este estudio para garantizar comparabilidad, y desarrollo de meta-análisis que sintetice hallazgos identificando patrones comunes y especificidades disciplinarias.

Las hipótesis abordables mediante esta línea de trabajo incluyen evaluar si carreras con mayor componente de gestión empresarial como Ingeniería Civil Industrial presentan asociaciones diferenciadas respecto a carreras puramente técnicas como Ingeniería Eléctrica o Mecánica, y si la educación técnica de nivel superior presenta barreras específicas que requieren políticas diferenciadas respecto a la educación universitaria tradicional.

La integración de metodologías mixtas que complementen análisis cuantitativo con aproximaciones cualitativas constituye una cuarta línea prioritaria de investigación futura. El análisis econométrico de series temporales desarrollado en este estudio proporciona cuantificaciones de asociaciones agregadas y permite construcción de escenarios prospectivos, pero no captura dimensiones simbólicas, culturales y experienciales que son fundamentales para comprensión integral del fenómeno. La complementación con metodologías cualitativas permitiría acceso a estas dimensiones no cuantificables longitudinalmente mediante datos administrativos.

El diseño sugerido para esta línea de trabajo incluye una fase cuantitativa inicial orientada a identificar universidades con incrementos excepcionales en matrícula femenina, es decir, instituciones que presentan desviaciones positivas significativas respecto a las predicciones del modelo econométrico, así como universidades con estancamiento o retrocesos en participación femenina que constituyen desviaciones negativas respecto a tendencias esperadas. Esta identificación permitiría selección estratégica de casos para estudios de caso comparativos en profundidad.

La fase cualitativa subsecuente incluiría realización de entrevistas semi-estructuradas en profundidad con estudiantes mujeres matriculadas en ingenierías, con muestras de entre veinte y treinta participantes por institución seleccionada, explorando sus motivaciones para elección de carrera, experiencias académicas cotidianas, percepciones sobre clima institucional, estrategias de navegación de ambientes masculinizados y proyecciones profesionales futuras. Adicionalmente, incluiría grupos focales con docentes de ingenierías para identificar percepciones sobre presencia de mujeres en sus cursos, desafíos pedagógicos específicos y disposición hacia transformaciones institucionales orientadas a equidad de género.

Los análisis comparativos internacionales mediante estudios multi-país con metodologías estandarizadas constituyen línea relevante de trabajo futuro. Este estudio se circunscribe al contexto chileno específico durante el período 2005-2024, lo que limita la capacidad de generalización de hallazgos a otros contextos nacionales con estructuras institucionales, culturas de género y sistemas educativos diferentes. La implementación de estudios comparativos entre países latinoamericanos con contextos similares pero políticas diferenciadas permitiría evaluar robustez de las asociaciones identificadas y aprender de experiencias de políticas implementadas en otros contextos.

Los países sugeridos para análisis comparativo incluyen Argentina, que presenta inversión en investigación y desarrollo de aproximadamente 0.5 por ciento del Producto Interno Bruto y cuenta con tradición histórica de gratuidad universitaria que podría proporcionar lecciones sobre efectos de largo plazo de acceso sin barreras económicas, Brasil con inversión científica superior al 1.3 por ciento del PIB y sistema universitario público robusto, México con inversión en I+D similar a Chile de aproximadamente 0.3 por ciento del PIB pero con sistema educativo superior de estructura diferente, Colombia con políticas recientes de expansión de educación técnica superior, y Uruguay que presenta altos niveles de equidad educativa en educación básica y media que podrían traducirse en patrones diferentes de acceso a educación superior técnica.

La metodología sugerida incluye replicar la especificación econométrica desarrollada en este estudio en cada país participante utilizando datos de fuentes oficiales nacionales y de organismos internacionales estandarizados como el Banco Mundial y la UNESCO, generando estimaciones comparables de asociaciones entre inversiones públicas y matrícula femenina en cada contexto nacional. Posteriormente, se desarrollaría análisis de panel multi-país con efectos fijos por país, permitiendo estimar efectos promedio de inversiones controlando por heterogeneidad

nacional no observable que permanece constante en el tiempo como tradiciones culturales profundamente arraigadas o estructuras institucionales históricas.

Las preguntas abordables mediante esta aproximación incluyen evaluar si las asociaciones entre inversiones públicas y matrícula femenina son homogéneas entre países o si presentan variabilidad significativa según contextos institucionales específicos, identificar si países con sistemas universitarios públicos más robustos y con mayor tradición de gratuidad presentan mayor equidad de género en carreras STEM, y documentar si políticas específicas implementadas en ciertos países como programas de cuotas de género en admisión o incentivos económicos focalizados en mujeres que eligen carreras técnicas generan diferencias identificables en trayectorias de participación femenina.

La utilidad de esta línea radica en facilitar aprendizajes regionales sobre efectividad de diferentes modelos de política, permitiendo adopción informada de prácticas que han demostrado efectividad en contextos comparables, adaptándolas apropiadamente a especificidades institucionales y culturales del contexto chileno.

La evaluación de sostenibilidad de cambios mediante seguimiento de largo plazo constituye una octava línea relevante de investigación futura. Las políticas públicas pueden generar cambios inmediatos observables en indicadores como matrícula femenina, pero la pregunta fundamental es si estos cambios resultan sostenibles en el largo plazo o si se diluyen una vez que las políticas se discontinúan o que la atención pública se desplaza hacia otras prioridades. La evaluación de sostenibilidad requiere diseños de seguimiento extendido que observen trayectorias completas durante períodos prolongados posteriores a las intervenciones iniciales.

La pregunta central es si cohortes de mujeres que ingresaron a ingenierías durante períodos de alta inversión pública en ciencia y educación, correspondientes aproximadamente a los años

2016-2024 cuando se implementaron políticas como gratuidad universitaria y programas de equidad de género, presentan trayectorias profesionales diferenciadas respecto a cohortes previas que ingresaron durante períodos de menor inversión pública correspondientes a los años 2005-2015, cuando estas políticas aún no existían o eran incipientes.

El diseño sugerido incluye seguimiento comparativo entre cohortes de egreso 2010-2015 versus cohortes de egreso 2020-2025, ambas medidas aproximadamente en los años 2030-2035 cuando tengan entre diez y quince años de experiencia laboral acumulada. Este horizonte temporal permite observar no solo inserción laboral inicial sino también consolidación de trayectorias profesionales, acceso a posiciones de liderazgo, permanencia en sectores tecnológicos versus migración hacia sectores no técnicos, y decisiones sobre conciliación entre desarrollo profesional y vida familiar en etapas donde estas tensiones típicamente se intensifican.

Las variables resultado incluirían niveles salariales comparando ingresos mensuales entre cohortes con similar experiencia laboral, posiciones jerárquicas alcanzadas distinguiendo entre posiciones técnicas junior, técnicas senior, posiciones de gestión media y posiciones de liderazgo estratégico, tasas de permanencia en sectores tecnológicos versus tasas de migración hacia sectores administrativos o no técnicos, niveles de satisfacción laboral y profesional medidos mediante escalas validadas, y estrategias de conciliación entre trabajo y familia incluyendo decisiones sobre maternidad, uso de licencias parentales y percepciones sobre discriminación por maternidad en contextos laborales.

La hipótesis subyacente es que si las políticas de incremento de inversión pública y de equidad de género generan cambios culturales profundos que transforman no solo acceso sino también ambientes institucionales y percepciones sociales sobre capacidades de mujeres en áreas técnicas, entonces las cohortes beneficiarias de estas políticas deberían presentar mejores

trayectorias profesionales de largo plazo comparadas con cohortes previas, incluso una década después de su egreso. Por el contrario, si los efectos de las políticas se diluyen en el mediano plazo debido a persistencia de discriminación en mercados laborales o a ausencia de políticas complementarias que apoyen permanencia y promoción de mujeres en sectores tecnológicos, esto sugeriría necesidad de políticas laborales complementarias a las políticas educativas.

Todos los trabajos futuros sugeridos deben considerar principios metodológicos transversales que garanticen calidad, relevancia y utilidad práctica de la investigación. La transparencia metodológica constituye un principio fundamental que exige documentación explícita de todas las decisiones metodológicas relevantes, incluyendo criterios de selección de variables, especificaciones de modelos evaluadas y descartadas, supuestos realizados y limitaciones reconocidas. Adicionalmente, requiere que el código de programación utilizado para análisis estadísticos sea reproducible y accesible mediante repositorios públicos, y que las bases de datos utilizadas estén disponibles para otros investigadores cuando no existan restricciones de confidencialidad que lo impidan.

El reconocimiento explícito de limitaciones constituye un segundo principio fundamental. Todo trabajo empírico, independientemente de su rigor metodológico, presenta limitaciones inherentes al diseño empleado, al tipo de datos disponibles, a los supuestos realizados y a las restricciones contextuales que condicionan su implementación. Documentar estas limitaciones explícitamente no debilita la investigación sino que facilita su interpretación apropiada por parte de usuarios de la evidencia y orienta el diseño de investigaciones complementarias que aborden las limitaciones identificadas mediante aproximaciones metodológicas diferentes.

La integración de evidencia diversa constituye un tercer principio fundamental. Ninguna metodología única captura completamente la complejidad de fenómenos sociales

multidimensionales como las desigualdades de género en educación superior. La comprensión integral requiere integración de aproximaciones cuantitativas que proporcionan cuantificaciones y permiten generalización estadística, aproximaciones cualitativas que capturan dimensiones experienciales y mecanismos sutiles no observables en estadísticas agregadas, diseños experimentales que establecen relaciones causales con alta validez interna, y estudios observacionales de largo plazo que documentan trayectorias en contextos naturales no controlados.

La orientación hacia utilidad práctica constituye un cuarto principio fundamental. La investigación académica sobre equidad de género debe orientarse no exclusivamente hacia publicación científica en revistas especializadas dirigidas a audiencias académicas, sino también hacia generación de información útil y accionable para tomadores de decisiones en políticas públicas, para comunidades académicas que implementan programas institucionales, y para las propias comunidades de mujeres afectadas por las desigualdades estudiadas. Esto requiere traducción de hallazgos técnicos a lenguaje accesible, identificación explícita de implicaciones prácticas de resultados, y establecimiento de mecanismos de diálogo entre investigadores, decisores de política y comunidades afectadas.

La coordinación con evaluación de políticas constituye un quinto principio fundamental. El diseño de políticas públicas debería incorporar desde su concepción inicial componentes de evaluación rigurosa que permitan documentar efectividad, identificar efectos no anticipados, aprender de implementación y realizar ajustes informados. Esto requiere que las políticas especifiquen indicadores medibles de éxito, establezcan líneas base previas a la implementación, incorporen grupos de comparación cuando sea éticamente posible, y destinen recursos específicos para actividades de evaluación que no deben considerarse como gasto prescindible sino como inversión esencial para aprendizaje institucional y mejora continua de políticas.

6.7 Síntesis Integradora

El análisis presentado en este trabajo documenta asociaciones estadísticas entre factores macroestructurales y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial durante el período 2005-2024. Los resultados del modelo econométrico estimado mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios con errores estándar robustos indican tres hallazgos principales que constituyen los pilares empíricos de las conclusiones del estudio.

El primer hallazgo identifica una asociación estadísticamente significativa entre inversión nacional en investigación y desarrollo como proporción del Producto Interno Bruto y matrícula femenina en la carrera analizada. El modelo estima que cada punto porcentual de incremento en gasto en I+D se asocia con un aumento en matrícula femenina, manteniendo constantes otros factores incluidos en el modelo. Esta asociación presenta el nivel más alto de significancia estadística entre las variables de política pública analizadas y el intervalo de confianza estimado excluye el valor cero.

El segundo hallazgo identifica una asociación estadísticamente significativa entre inversión pública en educación como proporción del gasto del gobierno y matrícula femenina. El modelo estima que cada punto porcentual de incremento en gasto educativo se asocia con un aumento en matrícula femenina, controlando por las demás variables del modelo. Esta asociación, aunque de magnitud inferior a la identificada para inversión en investigación y desarrollo, presenta significancia estadística y robustez confirmada mediante especificaciones alternativas del modelo.

El tercer hallazgo, derivado del análisis de robustez mediante especificación alternativa que reemplaza la variable temporal continua por una variable dummy binaria, indica que el período 2018-2024 se asocia con un incremento promedio en matrícula femenina anual por encima del período 2005-2017, controlando por inversiones públicas en investigación y desarrollo y en

educación. Esta diferencia resulta estadísticamente significativa y temporalmente consistente con cambios institucionales y culturales que ocurrieron durante ese período, incluyendo el movimiento estudiantil feminista de mayo 2018 y la implementación de marcos regulatorios contra acoso sexual en educación superior.

Los tres factores analizados se asocian juntamente con una proporción sustancial de la variabilidad observada en matrícula femenina durante las dos décadas estudiadas, según indica el coeficiente de determinación ajustado del modelo. Los diagnósticos econométricos aplicados, incluyendo evaluación de multicolinealidad mediante Factores de Inflación de Varianza, prueba de normalidad de residuos mediante test de Shapiro-Wilk, prueba de homocedasticidad mediante test de Breusch-Pagan, y evaluación de autocorrelación mediante estadístico de Durbin-Watson, confirman cumplimiento aceptable de supuestos clásicos de regresión lineal múltiple tras aplicación de correcciones apropiadas mediante errores estándar robustos.

Los coeficientes estimados permiten construcción de escenarios prospectivos mediante extrapolación lineal del modelo, reconociendo las limitaciones metodológicas inherentes a proyecciones que asumen estabilidad de parámetros estructurales fuera del rango de datos observado en la muestra. Bajo el escenario de mantenimiento del estado natural, es decir, continuación de tendencias históricas sin cambios adicionales en inversiones públicas, las proyecciones del modelo sugieren que la paridad de género se alcanzaría aproximadamente hacia los años 2037-2038. Bajo escenarios de incrementos moderados en inversión pública, las proyecciones sugieren aceleración del proceso hacia aproximadamente el año 2030. Bajo escenarios de incrementos significativos y sostenidos en ambas dimensiones de inversión pública, las proyecciones sugieren que la paridad podría alcanzarse hacia los años 2025-2026.

Estas proyecciones deben interpretarse con advertencias críticas explícitas. Constituyen extrapolaciones lineales del modelo fuera del rango observado en la muestra histórica, asumen estabilidad de coeficientes en el tiempo sin considerar posibles cambios estructurales en las relaciones entre variables, no consideran posibles rendimientos marginales decrecientes de inversiones públicas en niveles muy elevados ni posibles efectos umbral donde pequeños cambios generan transformaciones aceleradas, no incorporan restricciones de capacidad institucional que podrían limitar absorción efectiva de incrementos muy rápidos en matrícula, y constituyen proyecciones condicionales a los factores incluidos en el modelo sin considerar efectos de variables omitidas o de eventos no anticipados que podrían alterar trayectorias futuras.

Las implicaciones para decisiones de política pública derivadas de estos resultados deben considerar múltiples dimensiones complementarias. Los hallazgos sugieren que incrementos en inversión pública en investigación y desarrollo y en educación se asociaron históricamente con incrementos en matrícula femenina durante el período analizado. Sin embargo, múltiples consideraciones adicionales deben informar decisiones de política que trascienden los hallazgos específicos de este estudio.

Las limitaciones metodológicas del diseño observacional empleado impiden establecer relaciones causales verificadas mediante experimentos controlados. Los coeficientes estimados representan asociaciones estadísticas condicionadas a los factores incluidos en el modelo, no efectos causales comprobados mediante manipulación experimental de variables. La posibilidad de causalidad inversa, donde mayor matrícula femenina genera presión política para incrementar inversiones públicas en lugar de que las inversiones causen incrementos en matrícula, no puede descartarse completamente con el diseño empleado. Similarmente, la posibilidad de que variables

omitidas correlacionadas simultáneamente con inversiones públicas y con matrícula femenina generen asociaciones espurias no puede eliminarse definitivamente.

Múltiples factores potencialmente relevantes no están incluidos en el modelo econométrico estimado debido a ausencia de datos cuantitativos históricos comparables. Estos factores incluyen intensidad de estereotipos de género sobre capacidades técnicas de mujeres, calidad de ambientes institucionales medida mediante indicadores de discriminación o acoso, expectativas familiares sobre carreras apropiadas para mujeres, y efectividad de programas institucionales específicos implementados por universidades particulares. La omisión de estas variables implica que las asociaciones estimadas pueden estar parcialmente mediadas por factores no observados que correlacionan con las variables incluidas.

Los efectos agregados a nivel nacional pueden ocultar diferencias significativas entre regiones geográficas con contextos socioeconómicos diversos, entre tipos de instituciones universitarias con misiones y culturas organizacionales diferentes, y entre grupos socioeconómicos de estudiantes que enfrentan barreras diferenciadas de acceso y permanencia. Las políticas efectivas pueden requerir adaptación según contextos específicos en lugar de diseño uniforme aplicable a todas las situaciones.

La efectividad de programas específicos como el programa "Más Mujeres Científicas", campañas de visibilización de referentes femeninos, o protocolos institucionales contra acoso sexual no es evaluada directamente mediante el diseño de este estudio. La implementación de políticas basadas en estos programas específicos requiere evaluaciones rigurosas adicionales con diseños apropiados que permitan aislar sus efectos particulares.

Las decisiones sobre inversión pública deben considerar simultáneamente múltiples objetivos de política pública que compiten por recursos limitados. El desarrollo científico y

tecnológico nacional, la calidad educativa en todos los niveles del sistema, la equidad de género en educación superior, la competitividad económica internacional y la sostenibilidad fiscal de largo plazo constituyen objetivos legítimos que deben ponderarse en procesos de deliberación democrática. El análisis de equidad de género proporciona información relevante pero constituye un insumo entre múltiples consideraciones pertinentes para decisiones presupuestarias.

6.7.1 Contribución Específica de Este Trabajo

Este trabajo aporta información cuantitativa sobre asociaciones entre factores macroestructurales y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial durante el período 2005-2024. Esta información puede complementar otras formas de evidencia en procesos de deliberación sobre políticas de equidad de género en educación superior técnica. La contribución específica se articula en múltiples dimensiones que abarcan aspectos empíricos, metodológicos para política pública.

La cuantificación de magnitudes de asociaciones constituye una primera dimensión de contribución. El estudio proporciona estimaciones numéricas específicas de coeficientes que asocian inversiones públicas con matrícula femenina en el modelo estimado, permitiendo construcción de escenarios cuantitativos prospectivos bajo supuestos explícitos y transparentes. Estas estimaciones transforman conocimiento descriptivo general sobre importancia de inversiones públicas en información cuantitativa específica sobre magnitudes aproximadas de asociaciones históricas, facilitando análisis de órdenes de magnitud y plausibilidad de diferentes escenarios de política.

La documentación de tendencias históricas constituye una segunda dimensión de contribución. El estudio documenta sistemáticamente la evolución de matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial y su asociación estadística con variables macroestructurales durante dos

décadas completas, proporcionando una línea base empírica para evaluaciones futuras. Esta documentación permite contextualizar la situación actual en perspectiva histórica de largo plazo, identificar aceleraciones o desaceleraciones en tasas de cambio asociadas temporalmente con políticas específicas, y establecer expectativas realistas sobre horizontes temporales requeridos para alcanzar objetivos de equidad.

La identificación de asociaciones estadísticamente robustas constituye una tercera dimensión de contribución. Los tres predictores principales incluidos en el modelo presentan significancia estadística elevada, indicando que las asociaciones observadas no son atribuibles a variación aleatoria en la muestra analizada. La convergencia de múltiples especificaciones alternativas del modelo en confirmar direcciones consistentes de asociaciones fortalece la confianza en la robustez de los hallazgos frente a decisiones metodológicas particulares.

El establecimiento de base para seguimiento futuro constituye una cuarta dimensión de contribución. Los coeficientes estimados en este estudio pueden servir como línea base de referencia para evaluar si futuras implementaciones de políticas se asocian con cambios en las magnitudes observadas históricamente. Si políticas específicas implementadas a partir de 2025 generan aceleraciones en matrícula femenina significativamente superiores a las proyectadas por el modelo basado en tendencias históricas, esto proporcionaría evidencia preliminar de efectividad de las nuevas políticas que justificaría evaluaciones más rigurosas. Por el contrario, si las trayectorias observadas se mantienen dentro de los rangos proyectados por el modelo histórico, esto sugeriría que las políticas no están generando cambios detectables respecto a tendencias preexistentes.

6.7.2 Limitaciones Fundamentales

Este trabajo presenta limitaciones metodológicas importantes que deben reconocerse explícitamente para delimitar el alcance apropiado de las conclusiones. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos presentados pero establecen fronteras claras sobre qué puede y qué no puede concluirse legítimamente a partir del diseño empleado y de los datos disponibles.

El estudio no establece relaciones causales verificadas entre inversiones públicas y matrícula femenina. El diseño observacional basado en series temporales agregadas permite documentar que variables se asociaron estadísticamente durante el período analizado, pero no permite afirmar que incrementos en inversión pública causaron incrementos en matrícula femenina en sentido estricto de manipulación experimental con grupos de control. La posibilidad de causalidad inversa, donde cambios en matrícula femenina generan presión política que resulta en incrementos de inversión pública, no puede descartarse completamente. La posibilidad de que factores omitidos correlacionados con ambas variables generen asociaciones espurias tampoco puede eliminarse definitivamente sin información adicional.

El estudio no identifica mecanismos específicos mediante los cuales operan las asociaciones documentadas. El análisis cuantifica que inversión en investigación y desarrollo se asocia con matrícula femenina, pero no distingue empíricamente entre posibles canales de operación tales como incremento de oportunidades laborales en sectores tecnológicos, mayor visibilización de referentes femeninos en ciencia, mejora de infraestructura educativa, o señalización de prioridad nacional en áreas técnicas. Similarmente, el análisis documenta asociación entre inversión en educación y matrícula femenina, pero no separa empíricamente efectos de reducción de barreras económicas mediante becas y gratuidad de efectos de mejora de calidad de educación secundaria o de fortalecimiento de orientación vocacional.

El estudio no evalúa efectividad comparada de programas específicos implementados durante el período analizado. Políticas como el programa "Más Mujeres Científicas" implementado desde 2024, campañas de visibilización de mujeres en ciencia desarrolladas por organizaciones de la sociedad civil, protocolos institucionales contra acoso sexual implementados en universidades específicas, o programas de mentoría focalizados en estudiantes mujeres en ingenierías no son evaluados individualmente mediante diseños que permitan aislar sus efectos particulares separados de tendencias generales y de efectos de otras políticas concurrentes.

El estudio no permite generalización automática de hallazgos a otras carreras del área STEM o a otros contextos nacionales. Los resultados son específicos para Ingeniería Civil Industrial en Chile durante el período 2005-2024. Esta carrera presenta características particulares como su componente de gestión empresarial, alta selectividad y diversificación de trayectorias profesionales que pueden generar patrones de acceso femenino diferentes respecto a ingenierías más técnicas como Ingeniería Eléctrica o Mecánica, o respecto a ciencias básicas como Física o Matemáticas. Similarmente, el contexto institucional, cultural y económico de Chile condiciona las asociaciones observadas de maneras que pueden no ser transferibles a países con sistemas educativos, culturas de género o niveles de desarrollo económico diferentes.

6.7.3 Énfasis en la Interpretación Apropia

Los coeficientes estimados en el modelo econométrico requieren interpretación cuidadosa que reconozca tanto su contenido informativo como sus limitaciones inherentes. La formulación precisa de la interpretación resulta fundamental para evitar sobre interpretaciones que excedan lo que los datos y el diseño permiten concluir legítimamente.

Los coeficientes no deben interpretarse como efectos causales verificados que garantizan resultados específicos de políticas futuras. Afirmaciones del tipo cada punto porcentual de

incremento en inversión en investigación y desarrollo causa determinado número de mujeres adicionales matriculadas exceden el alcance del diseño observacional empleado. Similarmente, afirmaciones del tipo invertir determinada cantidad de recursos garantiza alcanzar paridad en determinado horizonte temporal implican certeza sobre efectos causales y sobre estabilidad de relaciones futuras que no puede justificarse empíricamente con los datos disponibles.

Los coeficientes tampoco deben interpretarse como medidas de efectividad comparada entre diferentes instrumentos de política sin considerar que las variables están medidas en unidades diferentes. Afirmaciones del tipo la inversión en investigación y desarrollo es determinado porcentaje más efectiva que inversión en educación requieren ajustes por unidades de medida y por magnitudes típicas de cambios en cada variable para resultar comparables, ajustes que no son triviales y que requieren supuestos adicionales sobre qué constituye incrementos equivalentes en diferentes tipos de inversión.

Los coeficientes deben interpretarse como asociaciones estadísticas observadas durante el período histórico analizado, condicionadas a los factores incluidos en el modelo. La formulación apropiada reconoce el carácter descriptivo de las estimaciones y su condicionalidad. En el modelo estimado para el período 2005-2024, cada punto porcentual de incremento en inversión en investigación y desarrollo como proporción del PIB se asoció estadísticamente con determinado incremento en matrícula femenina, manteniendo constantes otros factores incluidos en el modelo constituye una interpretación apropiada que comunica el contenido informativo de los resultados sin reclamar más de lo que el diseño permite concluir.

Las proyecciones prospectivas basadas en los coeficientes estimados deben formularse explicitando todos los supuestos metodológicos subyacentes. Bajo supuestos de linealidad de las relaciones entre variables y de estabilidad estructural de los coeficientes estimados en períodos

futuros, el modelo proyecta que incrementos de determinada magnitud en inversiones públicas se asociarían con alcanzar paridad de género en determinado horizonte temporal, reconociendo las limitaciones inherentes a extrapolaciones fuera del rango de datos observado históricamente constituye una formulación apropiada que comunica el carácter condicional e hipotético de las proyecciones.

Las comparaciones entre especificaciones alternativas del modelo deben explicitar qué aspectos permanecen constantes y qué aspectos varían entre especificaciones. El modelo que incluye variable temporal continua presenta mayor capacidad explicativa medida mediante coeficiente de determinación ajustado comparado con el modelo que reemplaza la variable temporal por una variable dummy binaria, aunque ambas especificaciones convergen en identificar asociaciones temporales positivas significativas constituye una formulación que comunica tanto las diferencias como las similitudes entre aproximaciones metodológicas alternativas.

6.7.4 Integración Con Otros Tipos de Evidencia

Las asociaciones cuantitativas documentadas en este trabajo mediante análisis econométrico de series temporales agregadas deben integrarse con otros tipos de evidencia que proporcionan perspectivas complementarias esenciales para comprensión integral del fenómeno de desigualdades de género en educación superior técnica. Ninguna metodología individual captura completamente la complejidad multidimensional de fenómenos sociales, por lo que la integración de aproximaciones diversas resulta fundamental para construcción de conocimiento robusto.

La evidencia cualitativa generada mediante entrevistas en profundidad, grupos focales y observación etnográfica proporciona acceso a las experiencias vividas de las mujeres en ingenierías, capturando dimensiones experienciales, simbólicas y relacionales que no son

observables en estadísticas agregadas. Estudios como los desarrollados por Ogaz Rueda (2020) y Martínez-Galaz et al. (2022) documentan cómo operan concretamente los mecanismos de discriminación sutil en interacciones cotidianas, cómo las estudiantes construyen estrategias de navegación de ambientes masculinizados, y cómo las percepciones sobre pertenencia y legitimidad condicionan decisiones de permanencia o deserción.

Los estudios comparativos internacionales proporcionan lecciones sobre efectividad de diferentes modelos de política implementados en contextos institucionales y culturales diversos. La documentación sistemática de experiencias de países que han logrado reducir significativamente brechas de género en educación STEM, identificando tanto factores de éxito transferibles como limitaciones específicas de contexto, permite aprendizaje de experiencias ajenas evitando repetición de errores y facilitando adaptación informada de prácticas efectivas. Organizaciones internacionales como UNESCO y OCDE han desarrollado análisis comparativos que identifican patrones comunes y especificidades nacionales en determinantes de equidad de género en educación técnica.

Las consultas a comunidades afectadas, incluyendo estudiantes mujeres actualmente matriculadas en ingenierías, egresadas trabajando en sectores tecnológicos, docentes mujeres en facultades de ingeniería, y organizaciones de la sociedad civil especializadas en promoción de equidad de género, aportan conocimiento basado en experiencia práctica que complementa análisis académicos. Estas comunidades poseen comprensión detallada de barreras no documentadas en estadísticas oficiales, de factores facilitadores que operan en contextos institucionales específicos, y de dimensiones prácticas de diseño e implementación de intervenciones que determinan su efectividad real más allá de su diseño formal.

Los análisis de factibilidad económica, política e institucional proporcionan información sobre viabilidad práctica de implementación de políticas derivadas de hallazgos empíricos. Las evaluaciones sobre costos fiscales de diferentes escenarios de incremento de inversión pública, sobre capacidad de absorción del sistema universitario frente a incrementos rápidos en matrícula, sobre consensos políticos requeridos para aprobar presupuestos ampliados, y sobre capacidades técnicas y administrativas necesarias para implementación efectiva de programas complejos condicionan qué políticas resultan factibles en contextos específicos más allá de su deseabilidad técnica abstracta.

La integración efectiva de estos tipos diversos de evidencia requiere reconocer que cada aproximación metodológica presenta fortalezas y limitaciones específicas, que diferentes tipos de evidencia responden a preguntas diferentes y que su combinación debe ser complementaria más que competitiva. Los hallazgos cuantitativos de este estudio proporcionan estimaciones de magnitudes de asociaciones y podrían aportar en la construcción de escenarios prospectivos, pero deben complementarse con comprensión cualitativa de mecanismos, con lecciones de experiencias comparadas, con perspectivas de comunidades afectadas, y con análisis de factibilidad para generar recomendaciones de política que sean simultáneamente informadas empíricamente, sensibles a contextos específicos, y viables prácticamente.

6.7.5 Reflexión Sobre Alcances Del Conocimiento Cuantitativo

El desarrollo de este trabajo ilustra tanto las potencialidades como las limitaciones inherentes del análisis econométrico como herramienta para informar política pública en ámbitos sociales complejos como la equidad de género en educación superior. Esta reflexión resulta pertinente para delimitar apropiadamente qué puede esperarse razonablemente de aproximaciones cuantitativas y qué requiere necesariamente complementación con otros tipos de conocimiento.

Las potencialidades del análisis cuantitativo incluyen la capacidad de cuantificar magnitudes de asociaciones entre variables de manera que permite construcción de escenarios numéricos específicos y comparación de órdenes de magnitud. La estimación de coeficientes que asocian inversiones públicas con matrícula femenina proporciona información sobre cuánto cambio aproximado en una variable se asocia históricamente con determinado cambio en otra variable, información que resulta útil para evaluación de plausibilidad de diferentes trayectorias futuras y para identificación de escalas de intervención requeridas para alcanzar objetivos cuantificados.

Adicionalmente, el análisis cuantitativo permite identificación de asociaciones estadísticamente robustas que no son atribuibles a variación aleatoria en datos. Las pruebas de significancia estadística aplicadas en este estudio proporcionan evidencia de que las asociaciones observadas entre inversiones públicas y matrícula femenina presentan probabilidad muy baja de haber surgido por azar si la hipótesis nula de ausencia de asociación fuera verdadera, fortaleciendo la confianza en que las asociaciones reflejan patrones genuinos en los datos más que artefactos de muestreo aleatorio.

El análisis cuantitativo proporciona además base empírica sistemática para deliberación informada sobre prioridades de inversión. Las magnitudes estimadas de coeficientes, acompañadas de sus intervalos de confianza que cuantifican incertidumbre estadística, permiten evaluaciones de sensibilidad donde se exploran consecuencias de diferentes supuestos sobre parámetros, facilitando identificación de decisiones robustas que resultan apropiadas bajo múltiples escenarios plausibles versus decisiones altamente sensibles a supuestos específicos que requieren mayor cautela.

Finalmente, el análisis cuantitativo facilita seguimiento sistemático de tendencias mediante indicadores estandarizados y evaluación de desviaciones respecto a proyecciones que podrían aportar en la detección temprana de cambios en patrones históricos. La comparación periódica entre trayectorias observadas y trayectorias proyectadas por modelos basados en tendencias históricas puede identificar aceleraciones o desaceleraciones en ritmos de cambio que justifiquen investigación adicional sobre factores causales subyacentes.

Las limitaciones del análisis cuantitativo incluyen la incapacidad de establecer causalidad sin diseños experimentales o cuasi-experimentales apropiados que incorporen grupos de control y permitan descartar explicaciones alternativas. El diseño observacional de este estudio permite documentar asociaciones estadísticas pero no puede distinguir definitivamente entre múltiples interpretaciones causales potencialmente consistentes con los patrones observados. La posibilidad de causalidad inversa, de variables omitidas generadoras de asociaciones espurias, o de relaciones mutuas complejas donde las variables se afectan recíprocamente no puede descartarse completamente con los datos disponibles.

Adicionalmente, el análisis cuantitativo no captura dimensiones cualitativas y experiencias vividas que son fundamentales para comprensión completa de fenómenos sociales. Las estadísticas agregadas sobre matrícula femenina no comunican cómo se siente una estudiante mujer en un aula donde es una entre treinta estudiantes varones, qué estrategias desarrolla para ganar legitimidad en ambientes que cuestionan implícitamente su pertenencia, o cómo procesa mensajes sociales contradictorios sobre feminidad y competencia técnica. Estas dimensiones experienciales requieren aproximaciones cualitativas que privilegien profundidad sobre representatividad estadística.

El análisis cuantitativo puede además reducir fenómenos complejos multidimensionales a variables cuantificables, invisibilizando aspectos no medibles que pueden ser igualmente o más relevantes para comprensión integral. La operacionalización de conceptos complejos como clima institucional, discriminación de género o calidad de ambientes académicos mediante indicadores numéricos específicos implica necesariamente simplificación que captura algunos aspectos mientras omite otros. El conocimiento generado mediante cuantificación es necesariamente parcial y debe reconocerse como tal.

Finalmente, los análisis cuantitativos requieren supuestos sobre formas funcionales de relaciones entre variables, distribuciones estadísticas de errores, independencia temporal de observaciones, y ausencia de cambios estructurales en parámetros. Estos supuestos pueden resultar violados en realidades sociales caracterizadas por no linealidades, cambios de régimen, dependencias complejas y heterogeneidades no observables. Las conclusiones derivadas de modelos cuantitativos son tan robustas como los supuestos en que se fundamentan, por lo que la evaluación crítica de supuestos resulta esencial para interpretación apropiada.

6.7.6 Posicionamiento Sobre Uso Apropiado de Resultados

Los resultados de este trabajo pueden utilizarse apropiadamente para informar deliberaciones sobre magnitudes aproximadas de asociaciones históricas entre inversiones públicas específicas y matrícula femenina en Ingeniería Civil Industrial durante el período 2005-2024 en Chile. Las estimaciones cuantificadas de coeficientes y sus intervalos de confianza proporcionan información sobre órdenes de magnitud que pueden orientar expectativas realistas sobre escalas de cambio asociadas históricamente con determinadas magnitudes de inversión pública.

Los resultados pueden utilizarse para construir escenarios prospectivos bajo supuestos explícitos y transparentes, reconociendo las limitaciones inherentes a extrapolaciones fuera del rango de datos observado históricamente. Estos escenarios facilitan discusión estructurada sobre horizontes temporales aproximados requeridos para alcanzar objetivos cuantificados de equidad bajo diferentes supuestos sobre inversiones futuras, permitiendo evaluación de plausibilidad de compromisos políticos y facilitando rendición de cuentas mediante comparación posterior entre trayectorias proyectadas y trayectorias efectivamente observadas.

Los resultados pueden servir para establecer líneas base empíricas que permitan seguimiento futuro de tendencias en matrícula femenina y evaluación de desviaciones respecto a patrones históricos. Si políticas específicas implementadas a partir de 2025 generan trayectorias que se desvían significativamente de las proyectadas por modelos basados en tendencias históricas 2005-2024, esto proporcionaría evidencia preliminar de cambios en patrones que justificaría investigación adicional sobre factores causales mediante diseños más rigurosos.

Los resultados pueden identificar áreas donde se requiere investigación adicional con diseños metodológicos más robustos o con aproximaciones complementarias. Las limitaciones reconocidas del diseño observacional empleado señalan la necesidad de evaluaciones causales mediante experimentos controlados o diseños cuasi-experimentales de programas específicos, de estudios cualitativos que identifiquen mecanismos concretos de operación de las asociaciones documentadas, y de análisis de desagregación institucional y regional que capturen heterogeneidades ocultas en datos agregados nacionales.

Finalmente, los resultados pueden complementar otras formas de evidencia, incluyendo estudios cualitativos, experiencias internacionales comparadas, consultas a comunidades afectadas y análisis de factibilidad, en procesos comprensivos de toma de decisiones sobre políticas de

equidad de género en educación superior técnica. El aporte específico de este estudio es cuantitativo y debe integrarse apropiadamente con conocimiento generado mediante aproximaciones metodológicas diferentes que capturan dimensiones complementarias del fenómeno.

Los resultados no deben utilizarse para afirmar relaciones causales verificadas sin reconocer explícitamente las limitaciones del diseño observacional para establecer causalidad. Formulaciones que implican que incrementos específicos en inversión pública causarían determinados incrementos en matrícula femenina exceden lo que el diseño empleado permite concluir legítimamente y requieren evidencia adicional generada mediante diseños experimentales o cuasi-experimentales apropiados.

Los resultados no deben utilizarse para realizar predicciones precisas sobre efectos de políticas específicas que no fueron evaluadas directamente en este estudio. Programas particulares como "Más Mujeres Científicas", campañas específicas de visibilización, o protocolos institucionales concretos contra acoso sexual requieren evaluaciones individuales con diseños que permitan aislar sus efectos particulares, las cuales no son proporcionadas por el análisis agregado de este trabajo.

Los resultados no deben utilizarse para justificar decisiones de política basándose exclusivamente en este análisis cuantitativo sin considerar otras formas de evidencia igualmente relevantes y sin ponderar múltiples objetivos de política pública que compiten por recursos limitados. Las decisiones sobre inversión pública en ciencia y educación involucran trade-offs complejos entre múltiples objetivos sociales legítimos que trascienden el ámbito específico de equidad de género en una carrera universitaria particular.

Los resultados no deben extrapolarse automáticamente a otras carreras del área STEM, a otros niveles educativos como educación técnica superior, o a otros contextos nacionales con sistemas institucionales y culturas de género diferentes, sin evaluación adicional de validez externa mediante estudios específicos en esos contextos. Las asociaciones estimadas son específicas para Ingeniería Civil Industrial en Chile durante 2005-2024 y su generalización requiere verificación empírica adicional.

Finalmente, los resultados no deben utilizarse como sustituto de la necesidad de evaluaciones rigurosas de programas específicos mediante diseños apropiados que permitan establecer efectividad causal. Si bien este estudio proporciona evidencia de asociaciones agregadas entre inversiones públicas y matrícula femenina, la efectividad de instrumentos particulares de política requiere evaluación mediante diseños experimentales o cuasi-experimentales que incorporen grupos de control, mediciones pre y post intervención, y control apropiado de variables confusas.

6.8 Conclusión

Este trabajo ha documentado mediante análisis econométrico riguroso las asociaciones entre factores macroestructurales y la evolución del acceso femenino a Ingeniería Civil Industrial en Chile durante dos décadas. Los hallazgos principales identifican que la inversión pública en investigación y desarrollo, la inversión en educación, y las transformaciones culturales graduales se asocian significativamente con incrementos en la matrícula femenina, explicando conjuntamente una proporción sustancial de la variabilidad observada durante el período 2005-2024.

Sin embargo, más allá de los coeficientes estadísticos y las proyecciones cuantitativas, este estudio documenta una realidad social que demanda atención sostenida. A pesar del crecimiento

observado desde un 23.4 por ciento en 2005 hasta un 28.9 por ciento en 2024, la brecha respecto a la paridad permanece significativa. Esto significa que cada año, cientos de mujeres jóvenes con capacidades e intereses en áreas técnicas enfrentan barreras estructurales que limitan sus oportunidades de desarrollo profesional por razones ajenas a sus méritos académicos o vocaciones genuinas.

Las proyecciones del modelo sugieren que, bajo tendencias actuales sin cambios sustantivos en políticas públicas, alcanzar la paridad requeriría aproximadamente trece años adicionales, equivalente a una generación completa de mujeres que continuaría experimentando oportunidades restringidas. Este horizonte temporal no es inevitable. Los escenarios alternativos contruidos mediante el modelo indican que políticas activas de incremento sostenido en inversión científica y educativa, complementadas con transformaciones institucionales y culturales, podrían acelerar significativamente este proceso, reduciendo el período a cinco o seis años.

La evidencia presentada sugiere que la equidad de género en educación superior técnica no se alcanzará mediante evolución natural o por simple paso del tiempo. Requiere decisiones deliberadas de inversión pública sostenida, diseño de políticas específicas basadas en evidencia, transformación de ambientes institucionales que históricamente han excluido o marginalizado a las mujeres, y cambios culturales profundos en percepciones sociales sobre capacidades técnicas asociadas al género. Cada una de estas dimensiones presenta desafíos específicos que demandan abordajes integrales y coordinados entre múltiples actores institucionales.

Los números documentados en este trabajo representan personas. Cada punto porcentual de incremento en matrícula femenina corresponde a decenas de mujeres que acceden a oportunidades profesionales mejor remuneradas, a trayectorias de desarrollo personal más amplias, y a posibilidades de contribuir con sus talentos y perspectivas al desarrollo tecnológico y

productivo del país. La investigación cuantitativa aporta precisión y rigor metodológico, pero su objeto final son vidas humanas y justicia social.

Este trabajo aspira a haber proporcionado información útil para quienes tienen responsabilidad de diseñar, implementar y evaluar políticas orientadas a construir sistemas de educación superior más equitativos. Las limitaciones metodológicas reconocidas explícitamente no invalidan la contribución empírica, sino que delimitan su alcance apropiado y señalan direcciones para investigación futura que complemente y fortalezca la base de evidencia disponible. La transformación hacia equidad genuina requerirá esfuerzos sostenidos que integren conocimiento cuantitativo con comprensión cualitativa de experiencias vividas, con lecciones de experiencias comparadas, y con compromiso político y social con principios de igualdad de oportunidades.

El camino recorrido durante las dos décadas analizadas muestra que el cambio es posible. El incremento de 5.5 puntos porcentuales en participación femenina demuestra que barreras históricas pueden erosionarse mediante combinación de políticas apropiadas y transformaciones culturales. Sin embargo, el ritmo de cambio observado resulta insuficiente frente a la urgencia del desafío. La mitad de la población nacional posee talento y capacidades que actualmente están subaprovechadas en sectores tecnológicos críticos para el desarrollo del país. Acelerar el cierre de estas brechas no es solo un imperativo ético de justicia social, sino también una necesidad estratégica para fortalecer las capacidades de innovación, competitividad y desarrollo sostenible de Chile en el contexto global del siglo veintiuno.

Referencias

- Akerlof, G. A. (1970). The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488–500. <https://doi.org/10.2307/1879431>
- Amon, M. J. (2017). Looking through the glass ceiling: A qualitative study of STEM women's career narratives. *Frontiers in Psychology*, 8, 236. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00236>
- Aravena, A. (2025, 22 de enero). *Selección en la educación superior: mujeres aumentan 5,4% y egresados de establecimientos públicos crecen 5,7%* - Subsecretaría de Educación Superior. <https://educacionsuperior.mineduc.cl/2025/01/20/seleccion-educacion-superior-mujeres-aumentan-egresados-de-establecimientos-publicos-crecen/>
- Autor, D. H. (2014). *Skills, education, and the rise of earnings inequality among the "other 99 percent"*. *Science*, 344(6186), 843–851. <https://doi.org/10.1126/science.1251868>
- Babbie, E. R. (2016). *La práctica de la investigación social* (14.^a ed.). Cengage Learning.
- Baumgartner, F. R., & Jones, B. D. (1993). *Agendas and instability in American politics*. University of Chicago Press.
- Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. National Bureau of Economic Research.
- Bello, A. (2020). *Mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y el Caribe*. ONU Mujeres. <https://lac.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2020/09/mujeres-en-ciencia-tecnologia-ingenieria-y-matematicas-en-america-latina-y-el-caribe>

- Blau, F. D., & Kahn, L. M. (2017). The gender wage gap: Extent, trends, and explanations. *Journal of Economic Literature*, 55(3), 789–865. <https://doi.org/10.1257/jel.20160995>
- Bordalo, P., Coffman, K., Gennaioli, N., & Shleifer, A. (2019). Beliefs about gender. *American Economic Review*, 109(3), 739–773. <https://doi.org/10.1257/aer.20170007>
- Bourdieu, P. (1998). *La domination masculine*. Anagrama.
- Bourdieu, P. (2001). *Masculine domination*. Stanford University Press.
- Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1977). *Reproduction in education, society and culture*. Sage Publications.
- Burgos Sanhueza, V. A. (2024). *Análisis de desempeño académico por género en distintas especialidades de la ingeniería* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204568>
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference: Understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods & Research*, 33(2), 261-304. <https://doi.org/10.1177/0049124104268644>
- Card, D. (1999). The causal effect of education on earnings. En O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of labor economics* (Vol. 3A, pp. 1801–1863). Elsevier.
- Cech, E. A., & Blair-Loy, M. (2019). The changing career trajectories of new parents in STEM. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(10), 4182–4187. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810862116>
- Centro Nacional de Educación (CNED). (s. f.-a). *Bases de datos*. <https://cned.cl/institucional/bases-de-datos/>

- Centro Nacional de Educación (CNED). (s. f.-b). *Índices de género*.
https://cned.cl/indices_New~/genero.php?utm
- Collins, P. H. (2015). Intersectionality's definitional dilemmas. *Annual Review of Sociology*, 41, 1–20. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-073014-112142>
- Cominetti, S. (2022, 23 de junio). *Las mujeres en la ingeniería chilena*. *The Clinic*.
<https://www.theclinic.cl/2022/06/23/mujeres-ingenieria-chilena/>
- Connelly, B. L., Certo, S. T., Ireland, R. D., & Reutzel, C. R. (2011). Signaling theory: A review and assessment. *Journal of Management*, 37(1), 39–67.
<https://doi.org/10.1177/0149206310388419>
- Crenshaw, K. (1991). *Mapping the margins: Intersectionality, identity politics, and violence against women of color*. *Stanford Law Review*, 43(6), 1241–1299.
<https://doi.org/10.2307/1229039>
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
- Demre. (2023, 13 de octubre). *¿Qué son las vacantes “Más Mujeres Científicas (+MC)”?* DEMRE. <https://demre.cl/noticias/2023-10-13-vacantes-mas-mujeres-cientificas>
- Dirección de Igualdad de Género de la Universidad de Chile. (s. f.). *Violencia de género y acoso sexual en las universidades: el desafío de la prevención*. Universidad de Chile.
<https://uchile.cl/noticias/211617/violencia-de-genero-y-acososexual-en-las-universidades>
- Duflo, E. (2012). Women empowerment and economic development. *Journal of Economic Literature*, 50(4), 1051–1079. <https://doi.org/10.1257/jel.50.4.1051>

Durán Santis, M. (2025, 23 de junio). *Mujeres en la ingeniería: avanzar con equidad hacia una transformación sostenible*. <https://opinion.cooperativa.cl/opinion/ciencia-y-tecnologia/mujeres-en-la-ingenieria-avanzar-con-equidad-hacia-una-transformacion/>

Escuela de Ingeniería y Ciencias, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. (2025). *Hechos y cifras*. <https://uchile.cl/i124152>

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. (2018, 23 de enero). *FCFM alcanza histórico 32,8 % de ingreso de mujeres al Plan Común de Ingeniería y Ciencias*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. <https://ingenieria.uchile.cl/noticias/140938/fcfm-alcanza-historico-328-de-mujeres-en-ingenieria-y-ciencias>

Farren, V. (2025, 12 de febrero). *Mujeres invisibilizadas*. EL PAÍS. <https://elpais.com/chile/2025-02-12/mujeres-invisibilizadas.html>

Girls In Tech Chile. (2013, 31 de julio). *Sobre Girls in Tech Chile*. <https://girlsintechchile.com/about/>

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2020). *Econometría* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Harding, S. (2015). *Objectivity and diversity: Another logic of scientific research*. University of Chicago Press.

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2025). *Tasa de participación femenina en la fuerza laboral (2005–2025)* [Serie histórica]. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas>

Jiménez, C. A., Jones, E. A., & Vidal, C. L. (2019). *Exploratory study of factors that influence the decision of women to study engineering in Chile (Estudio exploratorio de factores que influyen en la decisión de la mujer para estudiar ingeniería en Chile)*. *Información Tecnológica*, 30(4), 209–216. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400209>

Korn Ferry. (2018). *The global talent crunch: Why the world is running out of people and what we can do about it*. Korn Ferry Institute. <https://www.kornferry.com/insights/this-week-in-leadership/talent-crunch-future-of-work>

Chile. Ley N.º 21.369. (2021, 15 de septiembre). Regula el acoso sexual, la violencia y la discriminación de género en el ámbito de la educación superior. *Diario Oficial de la República de Chile*.

Martínez-Galaz, C., Campo, V. I. del, & Palomera-Rojas, P. V. (2022). Women's voices in engineering: academic experiences, obstacles, and facilitators of career tenure. *Formación universitaria*, 15(4), 59-68. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000400059>

McCall, L. (2005). The complexity of intersectionality. *Signs*, 30(3), 1771–1800. <https://doi.org/10.1086/426800>

McKinsey Global Institute. (2015). *The power of parity: How advancing women's equality can add \$12 trillion to global growth*. McKinsey & Company.

<https://www.mckinsey.com/featured-insights/employment-and-growth/how-advancing-womens-equality-can-add-12-trillion-to-global-growth>

Meruane, V., Armijo, A., Ascencio, K., Cominetti, S., Decinti, A., Gómez, M., Grossi, M., Landeros, K., Muñoz, E., Patiño, V., Salazar, M., & Vargas, X. (2023). *Informe La Mujer en el Estudio y Ejercicio de la Ingeniería Civil: Desafíos y Oportunidades hacia la Equidad 2023*. Instituto de Ingenieros de Chile. <https://www.iing.cl/wp-content/uploads/2024/05/Informe-La-Mujer-en-el-estudio-y-Ejercicio-de-la-ING-2023-DEF-2.pdf>

Milgrom, P., & Roberts, J. (1990). Rationalizability, learning, and equilibrium in games with strategic complementarities. *Econometrica*, 58(6), 1255–1277. <https://doi.org/10.2307/2938316>

Mincer, J. (1974). *Schooling, experience, and earnings*. National Bureau of Economic Research.82

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, & Ministerio de Educación. (2025, 26 de marzo). *Mineduc y MinCiencia presentan informes sobre participación de mujeres en educación superior y en investigación*. <https://minciencia.gob.cl/noticias/mineduc-y-minciencia-presentan-informes-sobre-participacion-de-mujeres-en-educacion-superior-y-en-investigacion/>

Ministerio de Educación de Chile. (2025, 20 de enero). *Selección en la educación superior: mujeres aumentan 5,4% y egresados de establecimientos públicos crecen 5,7%*. <https://educacionsuperior.mineduc.cl/2025/01/20/seleccion-educacion-superior-mujeres-aumentan-egresados-de-establecimientos-publicos-crecen/?utm>

- Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género. (2023). *Más Mujeres Más Ciencia*.
https://minmujeryeg.gob.cl/?page_id=4080
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2014, 9 de enero). *Cerrando las brechas de género: Es hora de actuar*. CIEDESS. <https://doi.org/10.1787/9789264208582-es>.
- Ogaz Rueda, J. F. J. (2020). *Estudio de brechas de género en trayectorias de egresados del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile y propuesta de políticas internas para mitigarlas* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176856>
- Olave, R. (2022, 16 de agosto). *Más mujeres en la ingeniería: conoce las ofertas del mundo laboral para la admisión 2023*. La Tercera. <https://www.latercera.com/publiirreportajes/noticia/mas-mujeres-en-la-ingenieria-conocelas-ofertas-del-mundo-laboral-para-la-admision-2023/>
- Olguín Inostroza, C. F. (2020). *Análisis de desempeño de estudiantes del programa de ingreso especial de equidad de género de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile* [Memoria para optar al título de Ingeniera Civil Industrial, Universidad de Chile]. Repositorio Académico. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176869>
- Polachek, S. W. (1981). Occupational self-selection: A human capital approach to sex differences in occupational structure. *Review of Economics and Statistics*, 63(1), 60–69. <https://doi.org/10.2307/1924218>

- Radio Universidad de Chile. (2024, 9 de mayo). *Solo el 22% de las mujeres optó por carreras vinculadas a ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en 2024*. <https://radio.uchile.cl/2024/05/09/solo-el-22-de-las-mujeres-opto-por-carreras-vinculadas-a-ciencias-tecnologia-ingenieria-y-matematicas-en-2024/>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Schiebinger, L. (1999). *Has feminism changed science?* Harvard University Press.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51(1), 1–17.
- Sewell, W. H. (1996). Three temporalities: Toward an eventful sociology. En T. J. McDonald (Ed.), *The historic turn in the human sciences* (pp. 245-280). University of Michigan Press.
- Spence, M. (1973). Job market signaling. *Quarterly Journal of Economics*, 87(3), 355–374. <https://doi.org/10.2307/1882010>
- Stiglitz, J. E. (2000). The contributions of the economics of information to twentieth century economics. *Quarterly Journal of Economics*, 115(4), 1441–1478. <https://doi.org/10.1162/003355300555015>
- UNESCO Office Montevideo and Regional Bureau for Science in Latin America and the Caribbean. (2023). *Reduciendo la brecha de género en STEM en América Latina: ¿Pasando a la acción?*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386465>
- United Nations. (s. f.). *Data center*. Human Development Reports. <https://hdr.undp.org/data-center>

Universidad de Chile, *Ingreso Prioritario de Equidad de Género*. (s. f.).

<https://uchile.cl/presentacion/asuntos-academicos/pregrado/admision-especial/equidad-de-genero>

Wooldridge, J. M. (2019). *Introductory econometrics: A modern approach* (7th ed.). Cengage Learning.

World Bank Open Data. (s. f.-a). ¿Quiénes somos?. <https://datos.bancomundial.org/quienes-somos>

World Bank Open Data. (s. f.-b). *Matrícula escolar, secundaria, mujeres (% bruto)*
<https://data.worldbank.org/indicator/SE.SEC.ENRR.FE?locations=CL>

World Bank Open Data. (s. f.-c). *Tasa de participación en la fuerza laboral, mujeres (% de la población femenina de 15 años o más) (estimación modelada por la OIT)*
<https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.CACT.FE.ZS?locations=CL>

World Bank Open Data. (s. f.-d). *Tasa de natalidad bruta (por cada 1.000 personas) – Chile*
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CBRT.IN?locations=CL>

World Bank Open Data. (s. f.-e). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) – Chile*
<https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CL>

World Bank Open Data. (s. f.-f). *Gasto público en educación, total (% del gasto del gobierno) – Chile*
<https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.XPD.TOTL.GB.ZS?locations=CL>

Anexos

Anexo A

Código de estimación y diagnóstico (Python)

El código se construye sobre el stack científico estándar de Python, utilizando principalmente Pandas para la gestión, limpieza y transformación de datos, y Statsmodels como el motor econométrico central encargado de ejecutar la regresión OLS, calcular los errores estándar robustos (HAC) y realizar los diagnósticos de raíz unitaria (ADF y KPSS). Este núcleo se apoya en NumPy para las operaciones matemáticas subyacentes, SciPy para validaciones estadísticas específicas como el test de normalidad de Shapiro-Wilk, y la combinación de Matplotlib con Seaborn para la generación automatizada de gráficos estilizados, requiriendo idealmente un entorno Python 3.8+ con versiones actualizadas (especialmente *statsmodels* ≥ 0.13 y *pandas* ≥ 1.3) para evitar conflictos de dependencias. En cuanto a la estructura de los datos, el DataFrame resultante (df) queda consolidado con 20 observaciones que cubren la serie temporal 2005-2024 (indexadas secuencialmente del 0 al 19), integrando las variables originales renombradas (como la dependiente Matrícula_Fem) junto con las transformaciones calculadas durante la ejecución, destacando Año_centrado para el control de tendencia y las variables Gasto_ID y Gasto_Educ, las cuales son re-escaladas dinámicamente a formato decimal si el código detecta que están en porcentajes, el código está contenido en el siguiente link, para ejecutarlo se recomienda copiar y pegar en algún sitio que permita su ejecución (Coolab de Google por ejemplo): <https://gist.github.com/christianmadasme-commits/fla02d7644edc4c3ec3660d9f3dce9e7>

Anexo B

Pruebas de diagnóstico del modelo econométrico

Este anexo presenta las salidas de texto completas (*outputs*) generadas mediante el software Python (biblioteca statsmodels), correspondientes a la estimación y las pruebas de diagnóstico del modelo OLS final especificado en el Capítulo 3. Estos resultados constituyen la evidencia empírica que respalda la validez estadística del modelo interpretado en el Capítulo 5, confirmando el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad y correcta especificación.

B.1 Salida de Regresión OLS (Modelo Final)

El siguiente reporte detalla los coeficientes estimados, los errores estándar robustos (HAC) y las métricas de ajuste global del modelo.

```

Dep. Variable:          Matricula_Fem   R-squared:                0.938
Model:                  OLS             Adj. R-squared:           0.927
Method:                 Least Squares   F-statistic:              89.96
Date:                   Fri, 14 Nov 2025  Prob (F-statistic):       3.13e-10
Time:                   20:08:41        Log-Likelihood:           -119.97
No. Observations:      20              AIC:                      247.9
Df Residuals:          16              BIC:                      251.9
Df Model:               3
Covariance Type:       HAC

```

```

=====
coef    std err          z      P>|z|      [0.025    0.975]
-----
const          -297.9924    311.105    -0.958    0.338    -907.746    311.762
Año_centrado    51.9380      3.693     14.063    0.000     44.700     59.177
Gasto_ID       3490.2276    891.609     3.915    0.000    1742.706    5237.749
Gasto_Educ     2549.2634    950.081     2.683    0.007     687.138    4411.389
Omnibus:                0.917    Durbin-Watson:           1.448
Prob(Omnibus):         0.632    Jarque-Bera (JB):        0.767
Skew:                  0.159    Prob(JB):                 0.682
Kurtosis:              2.095    Cond. No.:                404.

```

B.2 Prueba de Breusch-Pagan:

A continuación, se presentan los resultados del test de Breusch-Pagan para verificar la hipótesis nula de homocedasticidad (varianza constante de los residuos).

Prueba de Breusch-Pagan

```
=====
```

Estadístico Lagrange Multiplier (LM):	1.9865
p-valor (LM):	0.5752
Estadístico F:	0.6039
p-valor (F):	0.8955

```
=====
```

Interpretación: Dado que el p-valor (0.8955) es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que hay homocedasticidad.

Anexo C

Pruebas de diagnóstico del modelo con variable `post_feminismo_2018`

Este anexo presenta las salidas de texto completas (*outputs*) del software Python, correspondientes a la estimación y las pruebas de diagnóstico del modelo OLS con la variable dummy en reemplazo de la variable temporal (mencionado en el capítulo 5). Estos resultados constituyen la evidencia empírica que respalda la validez estadística del modelo interpretado en el Capítulo 5.

```

Dep. Variable:          Matricula_Fem   R-squared:                0.805
Model:                  OLS             Adj. R-squared:           0.769
Method:                 Least Squares   F-statistic:              21.20
Date:                   Sun, 23 Nov 2025  Prob (F-statistic):       8.06e-06
Time:                   21:46:46        Log-Likelihood:           -131.47
No. Observations:      20              AIC:                      270.9
Df Residuals:          16              BIC:                      274.9
Df Model:               3
Covariance Type:       HAC

=====
==
              coef    std err          z      P>|z|      [0.025    0.975]
-----
--
const          -2425.3626    529.452    -4.581    0.000   -3463.069   -1387.656
Gasto_ID        7229.2573    1884.333     3.837    0.000    3536.033    1.09e+04
Gasto_Educ     6036.7190    2609.570     2.313    0.021     922.055    1.12e+04
Post_Feminismo_2018  417.8968     99.042     4.219    0.000     223.778    612.015
=====

Omnibus:                2.569    Durbin-Watson:           1.719
Prob(Omnibus):          0.277    Jarque-Bera (JB):        1.754
Skew:                   -0.722    Prob(JB):                 0.416 Kurtosis:
2.850    Cond. No.                79.6

```

Anexo D

Análisis de multicolinealidad y variables descartadas

La siguiente tabla presenta los Factores de Inflación de Varianza (VIF) calculados para el modelo econométrico inicial, el cual incluía ocho variables independientes. Como se detalla en el Capítulo 3 (sección 3.2), se implementó un proceso de eliminación iterativa, descartando las variables que presentaban multicolinealidad severa ($VIF > 10$). Las variables descartadas y sus VIF correspondientes en el modelo inicial fueron:

Variable Descartada	VIF (Modelo Inicial)	Decisión
Matrícula femenina en educación secundaria	28.4	Descartada
Participación femenina en la fuerza laboral	15.7	Descartada
Tasa de natalidad	12.3	Descartada
Retención femenina en carreras tecnológicas	11.8	Descartada
Índice de Desarrollo Humano	4.62	Descartada

