



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad



EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD EN EL DESARROLLO PRODUCTIVO UTILIZANDO EVALUACIÓN *DIFF-IN-DIFF* MEDIANTE *RANDOM FOREST*

DIVISIÓN DE COMPETITIVIDAD,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



**HUMBERTO BRUNO
LOZADA SANJINEZ**

JULIO DE 2023

Evaluación de impacto de
la infraestructura de la
calidad en el desarrollo
productivo utilizando
evaluación *diff-in-diff*
mediante *random forest*

Humberto Bruno Lozada Sanjinez

CRÉDITOS

Financiamiento del estudio

Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Proyecto PE-T1417 INACAL- BID “Apoyo al fortalecimiento del Sistema Nacional para la Calidad”

Coordinación institucional

César José Bernabé Pérez
Presidente Ejecutivo del INACAL

Walter Ramírez Eslava
Jefe de la Oficina de Estudios Económicos del INACAL.

Daizen Oda Robles
Jefe de la Oficina de Cooperación Internacional del INACAL

Revisiones

Luis Limachi Huallpa; Julia Maritza Layme Almonte; Gildo Martín Valero Vega (corrección de estilo).

Diseño de carátula y formato

Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional del Instituto Nacional de Calidad

Copyright © 2023 Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Editado por:

Instituto Nacional de Calidad (INACAL)
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27), Perú
Teléfono: +51 1 640 8820
www.inacal.gob.pe

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del INACAL ni del BID.

Índice

Índice de tablas.....	5
Índice de gráficos.....	5
Índice de anexos.....	6
I. Introducción	7
II. Infraestructura de calidad en el Perú.....	8
III. Evaluación de impacto	16
3.1. Objetivo de la evaluación	16
3.2. Revisión de la literatura	16
3.3. Base de datos y estadísticas descriptivas.....	17
3.4. Estrategia de identificación	23
3.4.1. <i>Configuración inicial</i>	23
3.4.2. <i>Estimación de los puntajes de propensión</i>	25
3.4.3. <i>Probabilidad inversa y resultados de la ponderación y balanceo</i>	31
3.5. El impacto en el desempeño de las firmas.....	32
3.5.1. <i>Efecto en el empleo y en las ventas</i>	33
3.5.2. <i>Efecto en el acceso al mercado internacional</i>	35
3.5.3. <i>Efecto en el acceso al financiamiento</i>	37
3.5.4. <i>Efecto en la productividad</i>	39
IV. Conclusiones	42
V. Recomendaciones de política.....	44
Referencias.....	45
Anexos	48

Índice de tablas

Tabla 1.	Razones por las que no certificó sus procesos, productos o servicios de acuerdo al mercado y tamaño de la empresa	15
Tabla 2.	Descripción de las variables utilizadas en el estudio.....	19
Tabla 3.	Características en la línea base de empresas tratadas y no tratadas.....	21
Tabla 4.	Empresas con certificación, normas o ambos	24
Tabla 5.	Estado de tratamiento	24
Tabla 6.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el empleo y las ventas	33
Tabla 7.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el empleo y las ventas (por tamaño de empresa).....	35
Tabla 8.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al mercado internacional y el valor de las exportaciones	36
Tabla 9.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al mercado internacional y el valor de las exportaciones (por tamaño de empresa)	37
Tabla 10.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al crédito y el saldo de financiamiento.....	38
Tabla 11.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al crédito y el saldo de financiamiento (por tamaño de empresa).....	39
Tabla 12.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral y la productividad total de factores	40
Tabla 13.	Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral (por tamaño de empresa)	41

Índice de gráficos

Gráfico 1.	Componentes de la Infraestructura de calidad	8
Gráfico 2.	<i>Organismos de normalización, acreditación y metrología por países</i>	10
Gráfico 3.	<i>Empresas que señalan a la calidad del producto o servicio como factor relevante para su posicionamiento en el mercado de acuerdo al principal mercado y tamaño.....</i>	12
Gráfico 4.	<i>Empresas que aplicaron normas técnicas de acuerdo al principal mercado y tamaño de la empresa</i>	13
Gráfico 5.	<i>Empresas que utilizaron instrumentos de medición calibrados de acuerdo al principal mercado y tamaño de la empresa</i>	14
Gráfico 6.	<i>Empresas que utilizaron ensayos de laboratorio con métodos normalizados de acuerdo al principal mercado y tamaño de la empresa</i>	14
Gráfico 7.	<i>Empresas que contaron con la Certificación de Calidad ISO 9001 de acuerdo al principal mercado y tamaño de la empresa</i>	15
Gráfico 8.	Modelo gráfico del método de diferencias en diferencias (diff-in-diff)	24
Gráfico 9.	Representación gráfica de un árbol de decisión.....	27
Gráfico 10.	Out-of-bag error y error de validación frente a interacciones y número de variables	28
Gráfico 11.	Densidad de los puntajes de propensión estimados mediante Random Forest versus <i>Probit</i>	29
Gráfico 12.	Puntuación de importancia de las variables predictoras	30
Gráfico 13.	Ponderación y balanceo en el valor de línea base de las variables de resultados entre tratados y controles.....	32

Índice de anexos

Anexo 1.	Metodología para la estimación de la Productividad Total de Factores (PTF).....	48
Anexo 2.	Resultados de la estimación <i>Probit</i>	50
Anexo 3.	Diferencia de medias de las variables de resultados después del ajuste	51

I. Introducción

La región de América Latina y el Caribe (ALC), en materia de desarrollo empresarial, se caracteriza por la excesiva heterogeneidad entre sus pequeñas y grandes empresas, lo que es particularmente relevante si tenemos en cuenta que es una región de pequeñas empresas (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2010). Sobre esto, [Crespi et al. \(2014\)](#) brindan evidencia empírica de que esta situación no se debe a aumentos relativamente menores en los niveles de capital y trabajadores, sino a la productividad con la que estos recursos son utilizados por las empresas.

En ese sentido, existen algunas fallas de mercado que limitan la ganancia de productividad de las empresas y que requieren la intervención del Gobierno para su corrección. En este documento, nos enfocamos en los problemas de asimetría de información que se generan producto de la incertidumbre sobre la calidad de un determinado bien o servicio por comercializar. Para superar esta dificultad, las empresas necesitan servicios que verifiquen la calidad de su producto y que las avalen como proveedores confiables. Por lo general, estos servicios son proporcionados por el Gobierno y, de forma conjunta, conformarían la denominada infraestructura de calidad (IC).

En teoría, las empresas que utilizan los servicios de la IC (normas, certificaciones y metrología) tienen un mecanismo de señalización a potenciales compradores, lo que les permite acceder a los mercados más desarrollados y competitivos. La evidencia empírica que ha estudiado el efecto de la calidad sobre el desempeño empresarial se ha enfocado en analizar el impacto de la adopción de determinadas certificaciones de calidad estándar, como la ISO 9000/9001 y la ISO 14001. El principal argumento detrás es que las certificaciones de calidad actúan como un mecanismo de señalización de buenas prácticas empresariales entre las empresas y los agentes externos (clientes, inversores y acreedores). Además, se espera que la estandarización de los procesos de producción incremente la eficiencia y el desempeño operacional de la empresa, lo cual aumente su productividad debido al mejor aprovechamiento de sus recursos.

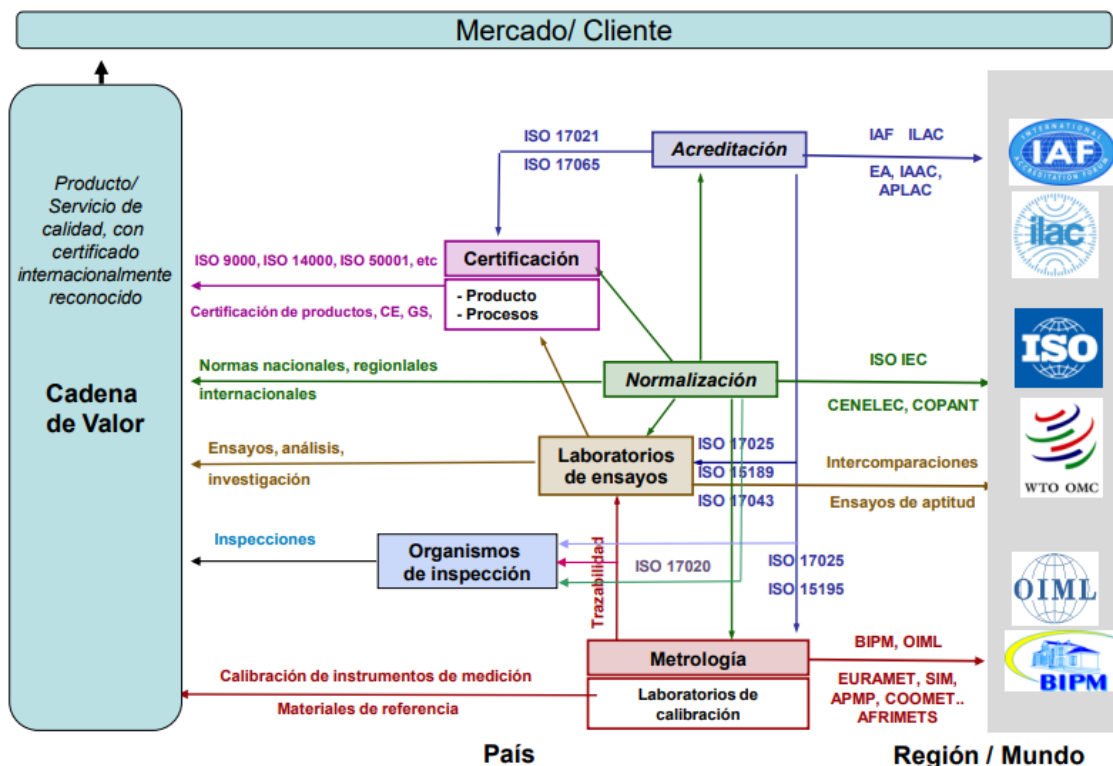
Sin embargo, en el Perú, el acceso de las empresas a los servicios de la IC es llamativamente bajo. En particular, las más pequeñas reflejan un menor uso de normas de calidad, instrumentos de medición calibrados y certificaciones de calidad. Por lo tanto, el presente trabajo responde a la convocatoria lanzada por Produce, Instituto Nacional de Calidad Inacal y el BID para realizar un estudio de *Evaluación del impacto de la infraestructura de la calidad en el desarrollo productivo nacional*.

El documento se encuentra organizado de la siguiente forma: en la sección 2, se describe la IC en el Perú; en la sección 3, se detallan el objetivo, la literatura, los datos, la metodología y los resultados de la evaluación; en la sección 4, se presentan las conclusiones; y, en la sección 5, las recomendaciones de política.

II. Infraestructura de calidad en el Perú

“Medir, normalizar y ensayar son elementos importantes para asegurar la calidad de los productos industriales, y forman una base técnica esencial para el comercio de mercancías y bienes, la protección del consumidor, la salud y el medio ambiente” (Gonçalves *et al.*, 2014, p. 5). La construcción de esa calidad se encuentra permeada por un entramado institucional que la atraviesa, denominado infraestructura de la calidad (IC). Como proponen Gonçalves *et al.* (2014), la IC está compuesta por el marco legal vigente y los agentes públicos y privados que actúan como responsables del cumplimiento de las normas en los ámbitos de la metrología, de las inspecciones, de los ensayos, de las certificaciones y de las acreditaciones. En el gráfico 1 se presenta una descripción visual al respecto.

Gráfico 1. Componentes de la infraestructura de calidad



Fuente: Tomado de Gonçalves *et al.* (2014).

En general, el productor y el comprador que componen una cadena de valor acuerdan las especificaciones de un determinado bien o servicio por comercializar. Para llevar a cabo la transacción, el comprador debe tener la certeza de que el bien o servicio entregado cumple con las especificaciones convenidas previamente. Por lo tanto, el productor demanda un sistema de calidad y conformidad de su producto. De acuerdo con Gonçalves *et al.* (2014), los servicios necesarios para satisfacer esta necesidad son los siguientes:

- **Normas (o estándares) y reglamentos técnicos:** Corresponden a la documentación formalizada que contiene los requerimientos con los que un producto, proceso o servicio debe estar conforme. Las normas son consideradas esencialmente de

naturaleza voluntaria. Solamente si se concordaron en un contrato, el cumplimiento de la norma técnica se transforma en un requerimiento obligatorio.

- **Metrología:** Se trata de la tecnología y ciencia de la medición que, normalmente, se subdivide en metrología científica y aplicada, que describe y disemina las unidades de medición; metrología industrial, que garantiza el funcionamiento adecuado de los instrumentos de medición utilizados en la producción y en los ensayos por calibraciones; y metrología legal, que asegura la exactitud de las mediciones en los casos en que un dispositivo legal así lo exige.
- **Ensayos:** Determinan las características del producto en comparación con los requerimientos de la norma. Los ensayos varían desde una evaluación visual simple, la evaluación no destructiva (por ejemplo, ensayos rayos X o ensayos de presión después de que todavía se puedan usar los productos) hasta un análisis totalmente destructivo (por ejemplo, ensayos químicos, mecánicos, físicos o metalúrgicos luego de que los productos no se puedan utilizar más) o cualquier combinación de los dos.
- **Certificación:** Es la verificación formal que un producto, un servicio, un sistema de gestión de una organización o la competencia de un individuo corresponde a los requerimientos de una norma.
- **Inspecciones:** Comprenden las actividades contratadas por clientes privados, organizaciones empresariales o autoridades estatales de investigación de diseños de productos, productos, servicios, procedimientos o instalaciones, en las que se evalúa la conformidad o no conformidad de ellos con los requerimientos generales o especiales que existen en forma de leyes, reglamentos técnicos, normas o especificaciones.
- **Acreditación:** Esta es la actividad que provee una confirmación independiente para la competencia de un individuo o una organización que suministra servicios especificados (por ejemplo, calibraciones, ensayos, certificaciones, inspecciones, etc.).

Como señalan [Finchelstein et al. \(2016\)](#), la infraestructura de calidad de los países está compuesta generalmente por tres organismos: i) el Organismo de Acreditación (OA), que asegura la independencia sobre las decisiones de acreditación; ii) el Instituto de Normalización (IN), que realiza el trabajo de desarrollo y difusión de las normas; y iii) el Instituto Nacional de Metrología (INM), que asegura la trazabilidad de las mediciones a las definiciones del sistema internacional de unidades (SI).

Existe un consenso a nivel internacional de que la IC, en buena parte, representa un bien público al que todos deben tener acceso libre. Por lo tanto, en su rol de protector del medio ambiente, del consumidor y de la salud, así como de promotor del comercio y de la competitividad de las empresas, el Gobierno juega un papel altamente importante en evitar posibles distorsiones del mercado y garantizar el acceso a la IC. En particular, los principios

de acreditación y las cuestiones relacionadas con el sistema de medición vigente conforman la buena gobernanza del Estado (*good governance*) en materia de IC (Gonçalves *et al.*, 2014).

Como describen Finchelstein *et al.* (2016), en América del Sur, algunos países poseen una agencia específica para cada una de las funciones de la IC. Sin embargo, tal como se puede observar en el gráfico 2, en el Perú, solo se cuenta con un organismo que concentra varias funciones: el Inacal.

Gráfico 2. Organismos de normalización, acreditación y metrología por países

País	Acreditación	Normalización	Metrología
Argentina	OAA ^a	IRAM	INTI
Bolivia	IBMETRO	IBNORCA	IBMETRO
Brasil	INMETRO	ABNT	INMETRO
Colombia	ONAC	ICONTEC	INM
Chile	INN	INN	INN
Ecuador	OAE	INEN	INEN
Paraguay	ONA	INTN	INTN
Perú	INACAL	INACAL	INACAL
Uruguay	OUA	IUNT	LATU
Venezuela	SENCAMER	FONDONORMA	SENCAMER


 Público
 Privado

Fuente: Tomado de Finchelstein *et al.* (2016).

Nota: ^a Si bien en términos formales el OAA es un órgano independiente del Estado, en la práctica, funciona como agencia dependiente de este, ya que el Estado establece sus autoridades, las cuales presentan un nivel de autonomía limitado.

La IC es una parte constitutiva de un sistema nacional de calidad (SNC). En el Perú, el SNC se encuentra integrado por el Consejo Nacional para la Calidad (Conacal), el Inacal y sus comités técnicos y permanentes, así como entidades públicas y privadas que conformen la IC. El SNC tiene por objetivo armonizar la Política Nacional para la Calidad (PNC), en función de las actividades de normalización, acreditación, metrología y evaluación de conformidad, acorde con normas, estándares y códigos internacionales reconocidos mundialmente por convenios y tratados asumidos por el Perú. Asimismo, promover el acceso y uso de la IC por parte de las empresas para contribuir a la adopción de prácticas de gestión de la calidad y normas de calidad exigidas en mercados locales y de exportación, actuales o potenciales.

La PNC, aprobada mediante Decreto Supremo 046-2014- PCM (de fecha 28/06/2014)¹, es una herramienta de política pública para guiar, con visión de largo plazo, la implementación, el desarrollo y la gestión de la IC en el país. Esta tiene por objetivo contribuir a la mejora de la competitividad en la producción y comercialización de bienes o servicios, coadyuvando a que las personas tengan una mejor calidad de vida; y al desarrollo sostenible, a través de la

¹ A la fecha, se viene trabajando la actualización de la PNC, la cual debe ser publicada en el transcurso del presente año.

orientación y articulación de acciones vinculadas al desarrollo, a la promoción y a la demostración de la calidad.

En medio de ese panorama, mediante la Ley 30224 del 11 de julio de 2014, el Gobierno creó el SNC y el Inacal, cuya finalidad es promover y asegurar el cumplimiento de la PNC, con miras al desarrollo y a la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor. El Inacal ejerce sus funciones de normalización, acreditación y metrología como parte de la IC, a través de sus direcciones de línea: Dirección de Normalización (DN), Dirección de Acreditación (DA), Dirección de Metrología (DM) y Dirección de Desarrollo Estratégico (DDE).

El Inacal desarrolla actividades de **normalización** en el ámbito nacional en todos los sectores, conforme a los compromisos contraídos en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC), los acuerdos comerciales y las normas supranacionales y nacionales correspondientes. Las normas técnicas peruanas (NTP) son documentos de carácter voluntario, establecidos para un uso común y repetido, que facilitan la adaptación de los productos, procesos y servicios a los fines que se destinan, protegiendo la salud y el medio ambiente, previniendo los obstáculos innecesarios al comercio y facilitando la transferencia tecnológica. Además, se rigen por las normas y guías internacionales sobre la materia, como el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

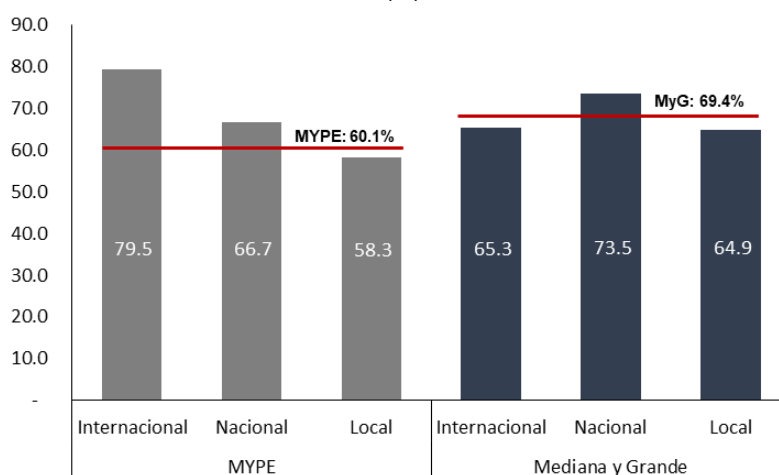
La **acreditación** es realizada por la DA, instancia competente para administrar la política y gestión de la acreditación. Goza de autonomía técnica y funcional, y ejerce funciones a nivel nacional. La acreditación es el reconocimiento formal de la competencia técnica que recibe un organismo de evaluación de la conformidad (OEC), luego de someterse a una auditoría para demostrar que sigue las normas y directrices internacionalmente reconocidas. La acreditación es una calificación voluntaria a la cual las entidades privadas o públicas pueden acceder para contar con el reconocimiento del Estado sobre su competencia técnica en la prestación de servicios de evaluación de la conformidad en un alcance determinado.

La **metrología** es la ciencia de las mediciones. Su aplicación sustenta la calidad de bienes y procesos manufacturados a través de una medición exacta y confiable. Contribuye a la adopción de las innovaciones científicas y tecnológicas, al diseño y a la producción eficiente de productos que cumplan con prevención de no conformidades. La DM es la autoridad nacional competente para administrar la política y la gestión de la metrología; establece, custodia y mantiene los patrones nacionales de medida y provee la trazabilidad al SI. Además, es responsable de normar y regular la metrología legal. Se sujeta a lo establecido en el Acuerdo sobre OTC de la OMC y los acuerdos internacionales sobre la materia.

Finalmente, la Dirección de Desarrollo Estratégico de la Calidad es la encargada de formular e implementar estrategias que pongan en marcha la PNC, mediante la identificación de oportunidades que promuevan el desarrollo o el mayor uso de la IC. Por ello se requiere la articulación con empresas, Estado, organizaciones, centros de estudios y ciudadanía, así como la coordinación con las direcciones de línea del Inacal.

Por su parte, el sector privado es también un actor clave en el SNC. De su demanda y de sus necesidades específicas depende, en buena parte, el desarrollo de los diferentes componentes de la IC. Mientras mayor sea el número de empresas que tengan acceso local a una IC internacionalmente reconocida, tanto mayor podrá ser su participación en el comercio internacional (Goncalves *et al.*, 2014). Sin embargo, la calidad es precisamente, uno de los aspectos más cruciales para el posicionamiento de las empresas en el mercado internacional, sobre todo para la micro y pequeña empresa (mype).

Gráfico 3. Empresas que señalan a la calidad del producto o servicio como factor relevante para su posicionamiento en el mercado de acuerdo con el principal mercado y tamaño (%)

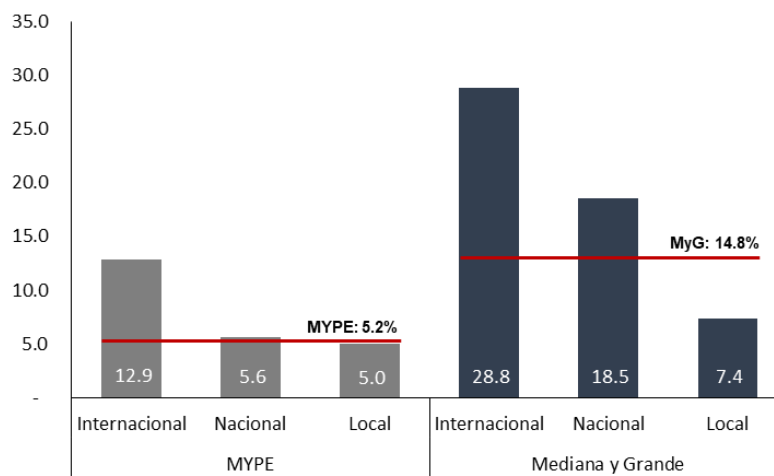


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Empresas (ENE), 2018, el 60.4% de las empresas peruanas señala que la calidad del producto o servicio es un factor muy importante para su posicionamiento en el mercado. Por tamaño empresarial, esto ocurre con el 60.1% de las mypes y el 69.4% de las medianas y grandes empresas. Cuando analizamos este factor según el principal mercado de destino de la empresa, el 79.5% de las mypes que abastecen al mercado internacional atribuye a la calidad como un factor importante, como se observa en el gráfico 3.

A pesar del alto porcentaje de empresas que indica que la calidad es un factor fundamental para su posicionamiento en el mercado, solo el 5.5% ha aplicado normas técnicas para la estandarización y sistematización de sus procesos. Por tamaño empresarial, este porcentaje es de 14.8% para la mediana y grande empresa y de 5.2% para la mype. Cuando analizamos la aplicación de normas técnicas por principal mercado de destino, el 12.9% de las mypes que abastecen al mercado internacional aplicó normas técnicas. Aunque este porcentaje es más alto que la media del segmento, aún se encuentra muy rezagado respecto a la mediana y grande empresa exportadora (28.8%).

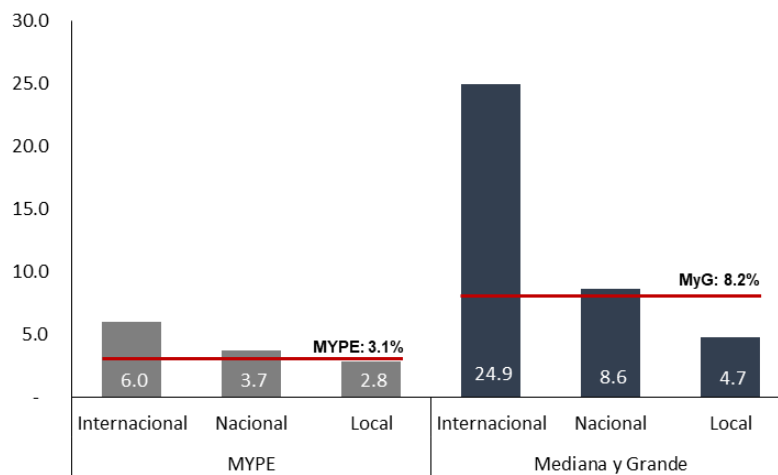
Gráfico 4. Empresas que aplicaron **normas técnicas** de acuerdo con el principal mercado y tamaño de la empresa (%)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

En tanto, el 3.2% de empresas usó instrumentos de medición calibrados. Por tamaño empresarial, este porcentaje es de 8.2% para la mediana y grande empresa y de 3.1% para la mype. Cuando analizamos a las empresas que tienen como principal mercado de destino el internacional, el 6.0% de las mype y el 24.9% de las medianas y grandes utilizaron instrumentos de medición calibrados. Por lo tanto, a pesar de la oferta actual de servicios de medición y calibración por parte del Inacal, la falta de información de laboratorios, los altos costos, el desconocimiento sobre su importancia y los altos niveles de informalidad en el servicio limitan el desarrollo de la metrología y su acceso por parte de las empresas en nuestro país (Apoyo Consultoría, 2015).

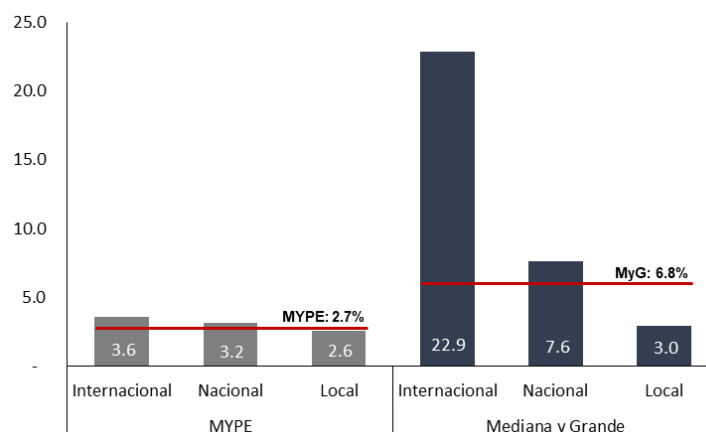
Gráfico 5. Empresas que utilizaron instrumentos de medición calibrados de acuerdo con el principal mercado y tamaño de la empresa (%)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

Por su parte, el 2.8% de empresas ha empleado ensayos de laboratorio con métodos normalizados para evaluar el desempeño de sus procesos. Por tamaño empresarial, este porcentaje es de 6.8% para la mediana y grande empresa y de 2.7% para la mype. Cuando analizamos la aplicación de normas técnicas por principal mercado de destino de la empresa, el 3.6% de las mypes que abastecen el mercado internacional utilizó ensayos de laboratorio, por lo que estas aún se encuentran muy rezagadas respecto a la mediana y gran empresa exportadora (22.9%).

Gráfico 6. Empresas que utilizaron ensayos de laboratorio con métodos normalizados de acuerdo con el principal mercado y tamaño de la empresa (%)

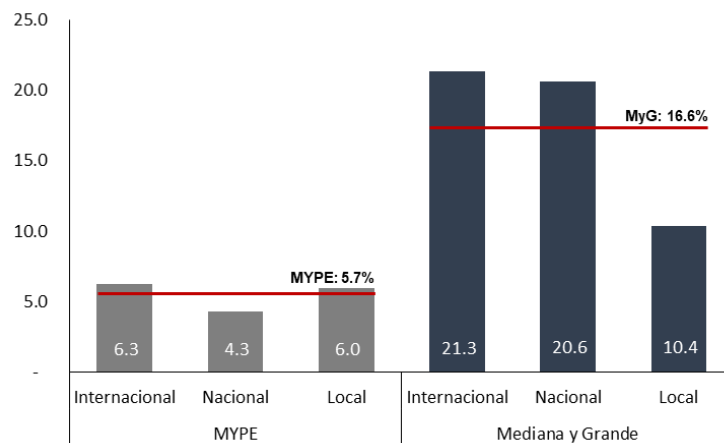


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

En cuanto a la obtención de certificación de calidad, el 6.0% de empresas contó con la certificación ISO 9001. Por tamaño empresarial, este porcentaje es del 16.6% para la mediana y grande empresa y del 5.7% para la mype. Sin embargo, como señala [Apoyo Consultoría](#)

(2015), del total de empresas que declara aplicar esta norma de calidad, solo una parte de estas se encuentra certificada y acreditada adecuadamente.

Gráfico 7. Empresas que contaron con la certificación de calidad ISO 9001 de acuerdo con el principal mercado y tamaño de la empresa (%)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

Finalmente, de acuerdo con las razones por las que la empresa no certificó sus procesos, productos o servicios, existe una demanda inaccesible relacionada con empresas que no requieren el servicio, equivalentes a casi dos tercios de las empresas (64.3%). Del otro tercio, existe una demanda potencial vinculada a empresas que por desconocimiento sobre sus ventajas o falta de información no cubren su demanda actual de servicios de certificación, que representan el 26.8% de las empresas. Otro porcentaje menor de empresas cuenta con una demanda insatisfecha; es decir, que, por las condiciones de la oferta actual de servicios de calidad, del mercado, de su producto o del desempeño de la propia empresa, no cubre su demanda actual de certificación.

Tabla 1. Razones por las que no certificó sus procesos, productos o servicios de acuerdo con el mercado y el tamaño de la empresa

Razones por las que no certificó sus procesos, productos o servicios	Mype			Mediana y grande			Total
	Inter.	Nac.	Local	Inter.	Nac.	Local	
No requería	56.2	66.1	64.3	58.5	57.2	48.6	64.3
Falta de información	28.5	22.5	27.9	34.0	20.6	24.7	26.8
Es muy caro	3.1	5.1	5.3	3.8	4.9	9.1	5.3
No hay entidades certificadoras	10.0	1.7	0.9	0.8	2.9	0.8	1.2
Requiere adecuaciones	0.9	1.8	0.7	1.3	9.6	9.9	1.1
No logra diferenciar su producto	0.1	1.8	0.5	0.4	4.0	4.4	0.8
Otro	1.2	1.1	0.4	1.2	1.0	2.6	0.6

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Encuesta Nacional de Empresas de 2018

Nota: Inter.= Internacional; Nac.= Nacional.

III. Evaluación de impacto

3.1. Objetivo de la evaluación

La convocatoria al concurso de investigación del Inacal y el BID 2022, *Evaluación del impacto de la infraestructura de la calidad en el desarrollo productivo nacional*, tiene por objetivo explorar el impacto del uso de la IC (certificaciones, acreditaciones, normas o servicios metrológicos), a través de un estudio cuasiexperimental, en el desempeño de las empresas en términos de productividad, incremento de ventas, generación de empleo, acceso a financiamiento, exportaciones, inserción en cadenas de valor o acceso a mercados.

Sin embargo, debido a que no se cuenta con encuestas específicas de línea de base y seguimiento para medir el efecto del tratamiento sobre los tratados y controles, acorde con una evaluación de impacto cuasiexperimental, en el presente estudio se utiliza la base de datos a nivel de empresas proveniente de la ENE. Una de las limitaciones de utilizar esta encuesta es que no se puede identificar el año de inicio del tratamiento para todos los servicios de la Infraestructura de Calidad. Esto solo es posible para las variables de i) uso de normas técnicas de calidad de origen nacional y ii) obtención de la certificación de calidad ISO 9001. Contar con la fecha en la que se proporcionó el tratamiento por primera vez nos permite evitar comparaciones entre empresas con entradas desfasadas o pasadas que puedan producir lo que en la literatura especializada se conoce como “comparaciones prohibidas”.²

En este sentido, *el objetivo de la presente investigación es evaluar el impacto de la certificación de calidad ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional, a través de microdatos y un estudio cuasiexperimental, en el desempeño de las empresas en términos de productividad, ventas, empleo, financiamiento y exportaciones.*

3.2. Revisión de la literatura

La evidencia empírica muestra que existe un impacto positivo de las certificaciones de calidad en el acceso a mercados externos. Estudios como el de [Volpe Martincus et al. \(2010\)](#) y [Sun y Outyang \(2014\)](#) encuentran que la obtención de la certificación ISO 9000/9001 está asociada con un mayor margen extensivo de las exportaciones. Por su parte, [Xioyang Chen et al. \(2008\)](#) revelan que las normas y los reglamentos técnicos de calidad establecidos por importadores están correlacionados positivamente con los márgenes intensivo y extensivo de las exportaciones. En tanto, trabajos más recientes como el de [Mena \(2020\)](#) demuestran un impacto positivo de las certificaciones de calidad (IQ) internacionales en los márgenes intensivo y extensivo de las exportaciones y en el acceso al financiamiento. Estos resultados son similares a los encontrados previamente por [Bernini et al. \(2017\)](#). Por último, [Calza y Goedhuys \(2018\)](#) identificaron un impacto positivo de las certificaciones de calidad (IQ) nacionales sobre el crecimiento de las ventas para un conjunto de empresas vietnamitas.

² Para mayor detalle, revisar [Callaway et al. \(2021\)](#).

También son relevantes los estudios que revelan que la obtención de certificaciones de calidad incrementa el acceso de la empresa al mercado financiero. Trabajos como el de [Ullah et al. \(2014\)](#) muestran que, para un panel de empresas de LAC, la obtención de la certificación ISO 9000/9001 se asocia con menores restricciones de acceso al crédito. Trabajos más recientes como el de [Ullah \(2020\)](#) encuentran que, para un conjunto de 39 639 empresas pequeñas y medianas en 137 países, la obtención de la certificación de calidad ayuda a las empresas a señalar de manera creíble su calidad a inversores y acreedores, reduciendo con ello los problemas de asimetría de la información y mejorando su acceso al financiamiento. Otros estudios como los de [Bernini et al. \(2017\)](#) y [Mena \(2020\)](#) obtienen resultados similares.

Por último, la evidencia empírica acerca del efecto de la adopción de certificaciones de calidad en la productividad de la empresa es menos concluyente. Por un lado, algunos estudios hallan ganancias de productividad de la adopción de certificaciones de calidad ([Dick et al., 2008](#); [Starke y Rangamonhan, 2012](#); [Ullah et al., 2014](#); [Gallego y Gutiérrez, 2017](#); [Trifkovic, 2017](#); [Calza et al., 2019](#)), mientras que otros trabajos no encuentran una relación significativa ([Terziovski y Guerrero, 2014](#); [Bernini et al., 2017](#); [Mena, 2020](#)). Más aún, no es claro si las empresas mejoran su productividad al adquirir la certificación u obtienen la certificación porque ya superaron un umbral mínimo de productividad. Además, los efectos de la certificación de calidad en la productividad parecen revelarse en el largo plazo y no en el corto plazo ([Javorcik y Sawada, 2018](#)); así mismo, el efecto es mayor en empresas pequeñas ([Ullah et al., 2014](#)) y en países en desarrollo ([Goedhuys y Sleuwaegen, 2013](#)).

Sin embargo, la adopción de certificaciones de calidad no es aleatoria. En particular, las empresas podrían realizar mejoras previas antes de tentar una certificación ([Terlaak y King, 2006](#)). La literatura revela que es más probable que las empresas que exportan estén más dispuestas a adoptar estándares internacionales de calidad ([Ullah et al., 2014](#); [Bernini et al., 2017](#); [Mena, 2020](#)), así como las que tienen un mayor tamaño de mercado ([Hudson y Orviska, 2013](#); [Fikru, 2014](#); [Bernini et al., 2017](#)). No obstante, la literatura acerca del efecto de la infraestructura de calidad sobre la adopción de certificaciones de calidad es escasa. Un estudio del BM realizado por [Guasch et al. \(2007\)](#) intenta cerrar esta brecha y presenta un marco teórico general acerca de la infraestructura de calidad y su relación con la competitividad empresarial.

3.3. Base de datos y estadísticas descriptivas

La base de datos para la evaluación son las ENE de 2015, 2016, 2017 y 2018.³ Estas encuestas recopilan información de empresas con ventas mayores de 20 unidades impositivas tributarias (UIT)⁴ de la mayor parte de los sectores económicos⁵ y a nivel nacional. La ENE tiene dos estratos muestrales: uno forzoso, que agrupa a las grandes empresas; y otro no forzoso, compuesto por las mipymes. A partir del diseño muestral, se pueden estimar resultados con niveles de inferencia nacional, regional y por división CIIU. Sin embargo, la ENE no cuenta con un diseño panel longitudinal, por lo que se deberá procurar controlar el

³ Cabe señalar que cualquier edición de la ENE recoge datos con referencia a un año anterior; por ejemplo, la ENE 2015 recopila datos de las ventas realizadas por una empresa en 2014.

⁴ Las ediciones de las ENE 2017 y 2018 incluyen en la muestra empresas desde 13 UIT.

⁵ Con excepción de las empresas pertenecientes al sector agropecuario.

potencial efecto de la caída en el tiempo de las observaciones originales (*attrition*), con la finalidad de evitar sesgo en las estimaciones.⁶

Las variables utilizadas en el presente estudio se describen en la tabla 2. El enfoque principal de la investigación consiste en evidenciar el impacto de las variables de tratamiento en las variables de resultados. Estas variables de tratamiento son dos: i) o certificación de calidad y ii) o normas técnicas de origen nacional.⁷ Por su parte, las variables de resultados son ocho: i) trabajadores, ii) ventas, iii) empresa exportadora, iv) exportaciones, v) acceso al crédito, vi) financiamiento, vii) productividad laboral y viii) productividad total de factores (PTF).

Además, empleamos un conjunto de variables de control para reducir los posibles sesgos. Controlamos las características de la empresa como tamaño, edad, sector y región del domicilio fiscal. Adicionalmente, contamos con un conjunto de variables relacionadas con las características del mercado donde opera la empresa, las capacitaciones a los trabajadores y el conductor, las prácticas de gestión en los procesos de compras e inventarios, la gestión de la calidad de los procesos y el acceso al crédito formal.

En la tabla 3, se presenta una comparación de los valores medios en la línea base de las variables de resultados y control entre empresas tratadas y no tratadas. De esta tabla, se pueden distinguir cuatro grupos: en la *columna 1*, se encuentran las empresas no tratadas; en la *columna 2*, las empresas que solo contaron con certificación de calidad; en la *columna 3*, solo las que aplicaron normas técnicas de origen nacional; y, en la columna 4, la interacción de ambos tratamientos. En las *columnas 5, 6 y 7*, podemos observar las diferencias en los valores medios entre estos tres grupos tratados en comparación con los no tratados.

⁶ Wooldridge (2010), en el capítulo 17 proporciona un marco general para corregir problemas de *attrition*.

⁷ Para la presente evaluación, no se tomó en cuenta la interacción entre los dos tratamientos debido a que, como se verá más adelante, las empresas bajo dicha condición son muy pocas para detectar el efecto evaluado.

Tabla 2. Descripción de las variables utilizadas en el estudio

Variable	Categoría	Definición	Base de datos
Certificación de calidad	Tratamiento	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa cuenta con la certificación ISO 9001 y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Normas técnicas	Tratamiento	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa aplica normas técnicas de origen nacional para la estandarización y sistematización de alguno de sus procesos y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Trabajadores	Resultados	Número de trabajadores	ENE 2015-2018
Ventas netas	Resultados	Ventas netas	ENE 2015-2018
Empresa exportadora	Resultados	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa exporta y 0 en caso contrario	SUNAT 2014-2017
Exportaciones	Resultados	Monto total exportado por la empresa	SUNAT 2014-2017
Acceso al crédito	Resultados	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa accedió al crédito y 0 en caso contrario	RCC 2014-2017
Financiamiento	Resultados	Monto total del saldo crediticio de la empresa	RCC 2014-2017
Productividad laboral	Resultados	Ventas por trabajador	ENE 2015-2018
Productividad total de factores (PTF)	Resultados	PTF estimada utilizando el método primal a través de una función tipo Cobb-Douglas. En el <i>anexo 1</i> , se describe la metodología para la estimación de la PTF	ENE 2015-2018
Tamaño	Control	Variable categórica que toma el valor de 1 si la empresa es mype y 2 si es mediana o gran empresa.	SUNAT 2014-2017
Edad	Control	Años de antigüedad	SUNAT 2014-2017
Sector	Control	Variable categórica que toma el valor de 1 para el sector minería, 2 para el sector manufactura, 3 para construcción, 4 para comercio y 5 para servicios	SUNAT 2014-2017
Región	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa tiene domicilio fiscal en Lima y 0 en alguna otra región del país	SUNAT 2014-2017
Mercado principal	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si el principal mercado de la empresa es el internacional y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Competencia formal	Control	Variable categórica que toma el valor de 1 si hubo mucha competencia en el mercado formal, 2 si hubo poca competencia, 3 si no hay competencia y 4 si no sabe o no opina	ENE 2015-2018
Competencia informal	Control	Variable categórica que toma el valor de 1 si hubo competencia informal, 2 si no hubo competencia informal y 0 si no sabe o no opina	ENE 2015-2018
Capacitación a empleados	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si los trabajadores de la empresa recibieron capacitaciones en temas productivos y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Capacitación a conductor	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si el conductor de la empresa recibió capacitación en temas de calidad y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018

Registro de compras	Control	Variable categórica que toma el valor de 0 si la empresa no utilizó registro de compras, 1 si uso apuntes en hojas, 2 si empleó Excel y 3 si utilizó algún <i>software</i> de gestión como SAP	ENE 2015-2018
Control de inventarios	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa utiliza algún mecanismo de control de inventarios y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Código de existencia estandarizado	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa utiliza códigos de existencias estandarizados y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Procesos estandarizados	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si alguno de los procesos de la empresa estuvo estandarizado y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Instrumentos de medición calibrados	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa utilizó instrumentos de medición calibrados por una entidad acreditada por el ONA y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Ensayos de laboratorio	Control	Variable categórica que toma el valor de 1 si la empresa empleó ensayos de laboratorio propio, 2 si utilizó ensayos de laboratorio de externo y 0 si no usó ensayos de laboratorio	ENE 2015-2018
Crédito para capital de trabajo	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa accedió a créditos de capital de trabajo y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018
Crédito para capital de inversión	Control	Variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa accedió a créditos de capital de inversión y 0 en caso contrario	ENE 2015-2018

Por la diferencia de medias reportadas en las columnas 5, 6 y 7, podemos afirmar que, en general, las empresas tratadas tienen un mejor desempeño que las no tratadas. Poseen mayores ventas y número de trabajadores. Por ejemplo, en cuanto al acceso al mercado internacional, el 42% de empresas cuenta con certificación de calidad, el 26% de empresas aplica normas técnicas y el 42% de empresas que cuenta con ambos son exportadoras (variable "Exporta"); mientras que solo el 13% de las empresas no tratadas vende en el mercado internacional. Además, las empresas tratadas logran también exportar un monto mayor. Si bien esta evidencia preliminar revela una clara correlación entre la orientación exportadora y el desempeño de las empresas tratadas, aún no es suficiente para atribuir una causalidad.

Tabla 3. Características en la línea base de empresas tratadas y no tratadas

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Media				Diferencias		
	No T	T1	T2	T3	Col (2)-(1)	Col (3)-(1)	Col (4)-(1)
Ln trabajadores	3.37	4.83	4.41	4.88	1.466***	1.038***	1.509***
Ln ventas netas	2.16	3.84	3.45	3.99	1.685***	1.287***	1.828***
Exporta	0.13	0.42	0.26	0.42	0.283***	0.124***	0.285***
Ln exportaciones	0.13	0.57	0.36	0.54	0.443***	0.228***	0.409***
Accede al crédito	0.65	0.85	0.80	0.82	0.198***	0.146***	0.167***
Ln financiamiento	0.64	1.62	1.16	1.63	0.981***	0.516***	0.984***
Ln productividad laboral	0.36	0.51	0.50	0.53	0.152***	0.137***	0.172***
Ln PTF	3.95	3.98	3.97	3.99	0.023	0.019	0.035*
Tamaño	1.56	1.92	1.91	1.98	0.361***	0.354***	0.417***
Edad	12.65	15.21	14.04	15.14	2.561***	1.394***	2.492***
Sector	5.71	5.53	5.63	5.55	-0.175***	-0.073	-0.157***
Departamento	0.47	0.65	0.61	0.68	0.181***	0.137***	0.217***
Principal mercado	0.05	0.11	0.11	0.11	0.060***	0.056***	0.056***
Competencia formal	1.25	1.28	1.21	1.26	0.029	-0.040**	0.011
Competencia informal	1.39	1.48	1.40	1.52	0.098***	0.012	0.132***
Capacitación de empleados	0.61	0.85	0.84	0.86	0.231***	0.226***	0.242***
Capacitación de conductor	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.006**	-0.007***	-0.007***
Registro de compras	1.90	2.56	2.43	2.58	0.657***	0.529***	0.675***
Control de inventarios	0.49	0.74	0.72	0.79	0.254***	0.237***	0.306***
Códigos estandarizados	0.09	0.19	0.19	0.25	0.100***	0.105***	0.161***
Procesos estandarizados	0.26	0.62	0.77	0.80	0.361***	0.506***	0.538***
Instrumentos calibrados	0.07	0.33	0.33	0.43	0.259***	0.265***	0.361***
Ensayos de laboratorio	1.62	2.38	2.40	2.45	0.762***	0.778***	0.824***
Crédito capital de trabajo	0.36	0.46	0.46	0.45	0.099***	0.102***	0.089***
Crédito inversión	0.16	0.30	0.30	0.32	0.142***	0.142***	0.155***
Número de empresas	3727	776	876	720	4503	4603	4447

Fuente: Elaboración propia

Nota: No T está conformado por todas las empresas que no contaron con la certificación de calidad ISO 9001 y tampoco aplicaron normas técnicas de calidad de origen nacional ($T = 0$), T1 está compuesto sólo por aquellas empresas que contaron con certificación de calidad ISO 9001 ($T = 1$), T está constituido solo por aquellas empresas que aplicaron normas técnicas de origen nacional ($T = 2$), y T está conformado por empresas que contaron con certificación de calidad ISO 9001 y aplicaron normas técnicas de calidad de origen nacional ($T = 3$). Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Además, las empresas tratadas poseen características más deseables según lo medido por diversas variables. Acceden en mayor porcentaje a un crédito mediante una entidad financiera formal, así como un monto de financiamiento mayor. También muestran una mayor productividad laboral, aunque no sucede lo mismo cuando se trata de la PTF. Esto es comprensible, ya que las empresas tratadas tienen una mayor participación porcentual en el estrato de medianas y grandes empresas de la muestra; mientras que las no tratadas son mayoritariamente mypes.

Las empresas tratadas también llevan en promedio más años operando en el mercado, se encuentran menos representadas en sectores como servicios y se localizan en mayor medida en la región de Lima. En cuanto a las características del mercado de las empresas tratadas y no tratadas, si bien el porcentaje de empresas exportadoras es alto para la muestra, en relación con si el mercado internacional es su principal destino de ventas, solo el 11% de tratadas responde que sí; mientras que, en el caso de las no tratadas, este porcentaje es de 5%. Además, las empresas con certificación de calidad tienen una mayor competencia en el mercado formal, aunque esta diferencia no es significativa, mientras que, las empresas que aplican normas técnicas exhiben; una diferencia significativa y negativa respecto a la competencia en el mercado formal. En cuanto a la competencia en el mercado informal, las empresas tratadas señalan una mayor competencia informal en comparación con las no tratadas, aunque esta diferencia no es significativa para las empresas con normas técnicas.

Por su parte, alrededor del 84-86% de las empresas tratadas señala capacitar a sus trabajadores en temas técnico-productivos, mientras que esto sucede solo con el 61% de las empresas no tratadas. Por el contrario, el porcentaje de empresas tratadas en donde el conductor recibe capacitación en temas de calidad es cero; por su parte, en las empresas no tratadas este porcentaje es de 1%. En relación con las prácticas de gestión, las empresas tratadas emplean métodos más sofisticados como *software* de gestión para el registro de sus compras en comparación con las no tratadas; asimismo, alrededor del 72-79% utiliza control de inventarios y, entre el 19-25%, código de existencias estandarizado versus 49% y 9% en las empresas no tratadas, respectivamente.

Las prácticas de gestión de la calidad también muestran mejores atributos entre las empresas tratadas. A saber, alrededor del 62-80% de empresas tratadas cuenta con alguno de sus procesos estandarizados, mientras que esto sucede solo con el 26% de empresas no tratadas. En tanto, entre el 33-43% de empresas tratadas utiliza instrumentos de medición calibrados por alguna entidad acreditada por el Organismo Nacional de Acreditación versus el 7% en empresas no tratadas. Por último, las empresas tratadas usan ensayos de laboratorio, en mayor medida en laboratorios externos a la empresa; mientras que las no tratadas, en sus propios laboratorios.

Finalmente, respecto al acceso al crédito mediante entidades del sistema financiero, entre el 45-46% de empresas tratadas accede a capital de trabajo en comparación con el 36% de no tratadas; y, entre el 30-32% de empresas tratadas, acceden a capital de inversión en comparación con el 16% de no tratadas.

3.4. Estrategia de identificación

La estrategia de identificación propuesta para este estudio consiste en una estimación de diferencias en diferencias en dos etapas a partir de una muestra panel de 4090 empresas. En una primera etapa, se estima el *propensity score*, es decir, la probabilidad de ser tratado utilizando dos métodos: i) paramétrico *probit* y ii) el método no paramétrico *random forest*. En la segunda etapa, se utilizan los puntajes de propensión obtenidos previamente para ponderar el modelo de diferencias en diferencias y estimar el efecto promedio del tratamiento en los tratados (ATT). Como afirma [Wooldridge \(2007, p. 1293\)](#), bajo supuestos regulares, esta estrategia de identificación tiene una propiedad general de “doble robustez”.⁸ Por lo tanto, nuestro supuesto de identificación es que, condicionado a las características en $t = 0$, no existe una heterogeneidad no observada, variable en el tiempo que correlacione las tendencias de los resultados con la decisión de la empresa de recibir el tratamiento. Los detalles se presentan a continuación.

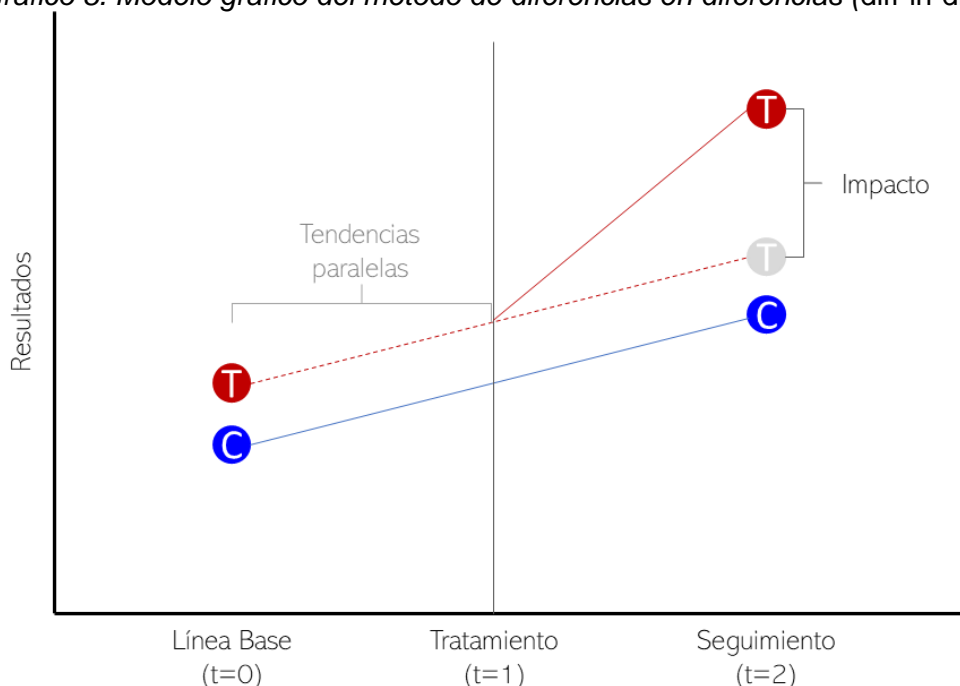
3.4.1. Configuración inicial

Para estimar los impactos de interés, se plantea una metodología cuasiexperimental que nos permite utilizar el método de diferencias en diferencias. Para ello, en primer lugar, definimos los periodos del estudio, antes del tratamiento ($t = 0$), durante el tratamiento ($t = 1$) y después del tratamiento ($t = 2$), así como dos grupos relevantes: i) el grupo de tratamiento y ii) el grupo de control. Para cada empresa, el periodo anterior al tratamiento corresponde a la línea base, y el periodo posterior al tratamiento, al año de la línea de seguimiento.⁹ Además, el grupo de tratamiento está compuesto por empresas que contaron solo con certificación de calidad ISO 9001 ($T = 1$), que aplicaron solo normas técnicas de origen nacional ($T = 2$) o que contaron con ambas ($T = 3$). En el gráfico 1, se muestra una representación gráfica del método de diferencias en diferencias planteado para el presente estudio.

⁸ Es decir, al menos uno de los dos modelos se especifica correctamente: diff-in-diff o propensity score, por lo que el ATT estimado es consistente.

⁹ La línea base para cada empresa de la ENE corresponderá a una observación dentro del periodo de ejecución de la encuesta de 2015 o 2016. Por su parte, las encuestas de seguimiento corresponden a las ediciones de la ENE 2017 y 2018. La muestra está compuesta solo por aquellas empresas que registran datos para los tres periodos ($t = 0, 1, 2$).

Gráfico 8. Modelo gráfico del método de diferencias en diferencias (diff-in-diff)



Fuente: Elaboración propia

La muestra total está conformada por 4090 empresas, de las cuales 363 conforman el grupo de tratamiento y 3727 el grupo de control. Excluimos de esta base de datos a 1676 empresas que ya contaban con una certificación de calidad, aplicaban normas técnicas de origen nacional o ambas en $t = 0$ o antes. Asimismo, a 333 empresas que fueron tratadas en $t = 2$. Como se puede observar en la tabla 5, esto reduce nuestro panel de datos de 6099 a 4090 empresas.

Tabla 4. Empresas con certificación, normas o ambas

¿Tiene certificación, normas o ambas?	Línea base (t = 0)	Tratamiento (t = 1)	Seguimiento (t = 2)
No T	4423	4060	3727
T1	463	675	776
T2	732	834	876
T3	481	530	720
Total	6099	6099	6099

Tabla 5. Estado de tratamiento

Estado de tratamiento	Línea base (t = 0)	Tratamiento (t = 1)	Seguimiento (t = 2)
No T	4090	3727	3727
T1	0	212	212
T2	0	102	102
T3	0	49	49
Total	4090	4090	4090

Fuente: Elaboración propia

Nota: No T está compuesto por todas las empresas que no contaron con la certificación de calidad ISO 9001 y tampoco aplicaron normas técnicas de calidad de origen nacional ($T = 0$). T1, está conformado solo por aquellas empresas que contaron con certificación de calidad ISO 9001 ($T = 1$), T2, está conformado solo por aquellas empresas que aplicaron normas técnicas de origen nacional ($T = 2$) y T3, está conformado por empresas que contaron con certificación de calidad ISO 9001 y aplicaron normas técnicas de calidad de origen nacional ($T = 3$).

Para evaluar el impacto del tratamiento en las variables de resultados, utilizamos un modelo de diferencias en diferencias (*diff-in-diff*). De acuerdo con Bernal y Peña (2015) el estimador de *diff-in-diff* se define como el cambio en el valor de Y_i durante el transcurso del experimento,

$X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$ son otras variables explicativas que miden las características del individuo antes de la asignación del tratamiento, D_i es una variable *dummy* que toma el valor de 1 para las empresas que recibieron el tratamiento y v_i es el término de error. Por lo tanto, la regresión podría escribirse del siguiente modo:

$$(1) \quad \Delta Y_i = \gamma_i + \delta_i + \beta_1 D_i + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_{k+1} X_{ki} + v_i$$

En este caso, β_1 sería el coeficiente que mide el efecto del tratamiento y es insesgado si $E(v_i|D_i) = 0$. Por su parte, para dotar al modelo de una estructura de *diff-in-diff*, usamos efectos fijos a nivel de empresas (γ_i) y de tiempo (δ_i). Además, para evitar sesgos provenientes de las tendencias específicas del sector y de la región donde opera la empresa, incluimos X_{2i} y X_{3i} . Finalmente, incluimos un conjunto de covariables específicas de la empresa (X_{ki}), lo cual permite controlar por diferencias sistemáticas preexistentes, mejorar la eficiencia del estimador, evaluar la validez del supuesto de tendencias paralelas y ajustar el estimador si la aleatorización se hizo condicional a características observables de los individuos. Dado que las empresas del panel se encuentran en dos periodos, el número de observaciones duplicará el número de empresas en todas las estimaciones.

El modelo de *diff-in-diff* controla la heterogeneidad observable y no observable entre empresas que es contante en el tiempo (por ejemplo, sector donde opera la empresa, región donde se ubica y otras características intrínsecas), lo que permite una reducción significativa del sesgo de estimación. Sin embargo, el método tiene algunas limitaciones y su interpretación causal se basa en grupos de tratados y de control que satisfacen el supuesto de tendencias paralelas. Esta suposición puede ser inverosímil si las características previas al tratamiento que se cree que se asocian con la dinámica de la variable de resultados están desequilibradas entre los tratados y los no tratados. Si ese es el caso, y las características previas al tratamiento de los grupos de tratamiento y control son significativamente diferentes, incluso en ausencia de tratamiento se comportarían de manera diferente en el tiempo.

Para fortalecer la credibilidad de los resultados obtenidos con la estimación de la ecuación antes descrita, el modelo de diferencias en diferencias será combinado con métodos de emparejamiento estadístico, lo que posibilita resolver el problema principal de identificación del impacto — el sesgo potencial debido a la autoselección de las empresas en el uso de la IC — y, por lo tanto, estimar el escenario contrafactual. Para conseguir grupos equilibrados de pretratamiento, ajustamos el *diff-in-diff* utilizando los pesos λ_i^m que se explican en la siguiente sección. Dado que los modelos implementados para estimar el puntaje de propensión y, por ende, para definir pesos son factibles de errores de especificación, que conducen a conclusiones sesgadas, presentamos los resultados de dos métodos alternativos m . El enfoque general para la estimación del puntaje de propensión y los métodos específicos que se emplean se detallan a continuación.

3.4.2. Estimación de los puntajes de propensión

Una forma de equilibrar los grupos de tratamiento y control es mediante un conjunto de características observable X que no está determinado por el tratamiento. Por lo tanto, se trata de lograr que los grupos sean lo más parecidos posible con respecto a las características observadas en la línea base. En ese sentido, como señalan [Bernal y Peña \(2015\)](#), cuando el

vector X contiene muchas variables, en vez de emparejar según un vector de características observadas de X , se puede emparejar individuos con base en su probabilidad estimada de participación en el programa, dada sus características observables $P(X)$. Este método fue introducido por primera vez por [Rosenbaum y Rubin \(1983\)](#). La función $P(X)$ se conoce con el nombre de *propensity score* o puntajes de propensión, y se define como la probabilidad condicional de ser asignado al grupo de tratamiento.

$$(2) \quad P(X) = P(D = 1|X)$$

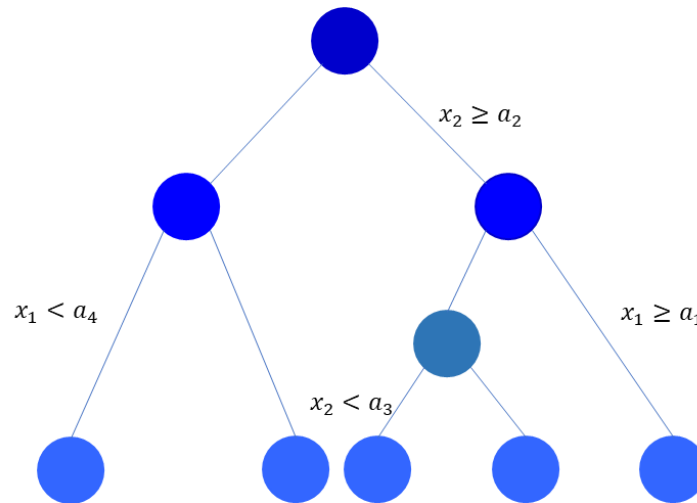
Los métodos más comunes para estimar $P(X)$ son Logit y *Probit* ([Imbens y Woolridge, 2009](#)). Sin embargo, existe evidencia de que las especificaciones levemente erróneas de este tipo de modelos paramétricos de puntajes de propensión pueden generar sesgo sustancial de los efectos del tratamiento estimados ([Smith y Todd, 2005](#); [King y Nielsen, 2019](#)). En ese sentido, en los últimos años, el uso de algoritmos de *machine learning* se ha incrementado considerablemente en la literatura de econometría y economía aplicada ([Imbens y Woolridge, 2009](#); [Duflo et al., 2017](#); [Liu et al., 2017](#); [Nyman y Ormerod, 2017](#); [Athey et al., 2019](#)), y es generalmente reconocido por su mayor precisión y capacidad de manejar tamaños de muestra pequeños y espacios de características de alta dimensión ([Biau y Scornet, 2016](#)).

El algoritmo de *random forest*

Partimos explicando los árboles de decisión o *decisión trees*. Un modelo basado en árboles de decisión implica la partición recursiva del conjunto de datos dado en dos grupos en función de un determinado criterio hasta que se cumpla una condición de parada predeterminada. En la parte inferior de los árboles de decisión, se encuentran los llamados nodos de hojas.

En el gráfico 9, se ilustra un árbol de decisión en donde la primera división o nodo raíz ocurre en $x_2 \geq a_2$; luego, los dos subespacios se vuelven a dividir de nuevo: la rama izquierda, en $x_1 \geq a_4$, la rama derecha, en $x_1 \geq a_1$; y una de sus subramas, en $x_2 < a_3$. Tanto para problemas de clasificación como de regresión, el subconjunto de variables predictoras seleccionadas para dividir un nodo interno depende de criterios de división predeterminados que se formulan como un problema de optimización.

Gráfico 9. Representación gráfica de un árbol de decisión



Fuente: Adoptado de Schonlau y Yuyan (2020).

Una de las desventajas de los árboles de decisión es que tienden a sobreajustarse, lo que significa que el modelo sigue demasiado de cerca las idiosincrasias del conjunto de datos de prueba y se desempeña mal en un nuevo conjunto de datos; es decir, los datos de prueba. Los árboles de decisión sobreajustados conducirán a una baja precisión predictiva general. Una forma de aumentar esta precisión es considerar solo un subconjunto de observaciones y construir muchos árboles individuales. Breiman (2001) planteó formalmente la idea del método del subespacio aleatorio como *random forest*. Este es un algoritmo de aprendizaje basado en árboles de conjunto; es decir, los algoritmos promedian las predicciones sobre muchos árboles individuales. Por ello, este algoritmo puede dividirse en tres características principales: i) agregar y ii) aleatorio iii) árboles de decisión.

- i. El *bootstrap aggregating* o simplemente *bagging*, y consiste en extraer B muestras de tamaño N de los datos, construir un árbol de decisión para cada muestra y promediar los resultados sobre las B muestras.
- ii. En cada nodo (d) de árbol de decisión, se seleccionan aleatoriamente L regresores de entre K posibles covariables. Este es un aspecto clave para precisión del algoritmo porque introduce una variación exógena en el proceso de clasificación. Por lo tanto, es un parámetro que debe ajustarse durante la selección del modelo.
- iii. Los árboles de decisión surgen de divisiones binarias repetidas de la muestra sobre cada regresor L , lo cual se realiza para maximizar la precisión de la clasificación entre el grupo de tratados y controles en cada nodo.

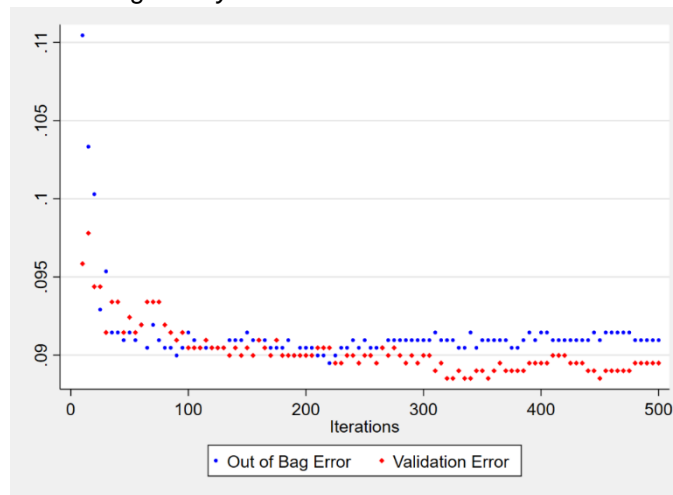
Siguiendo a Schonlau y Yuyan (2020), para empezar el proceso de entrenamiento de nuestro modelo, se organizan los datos en orden aleatorio. Cuando los datos se dividen en datos de prueba y entrenamiento, el orden garantiza que estos últimos también sean aleatorios. Para permitir resultados reproducibles, se establece un valor inicial. Luego, el conjunto de datos se divide en dos subconjuntos: 50% de entrenamiento y 50% para pruebas (validación). El proceso de aleatorización mencionado anteriormente garantiza que los datos de

entrenamiento contengan observaciones pertenecientes a todas las clases disponibles, siempre que la probabilidad de clase no esté muy desequilibrada.

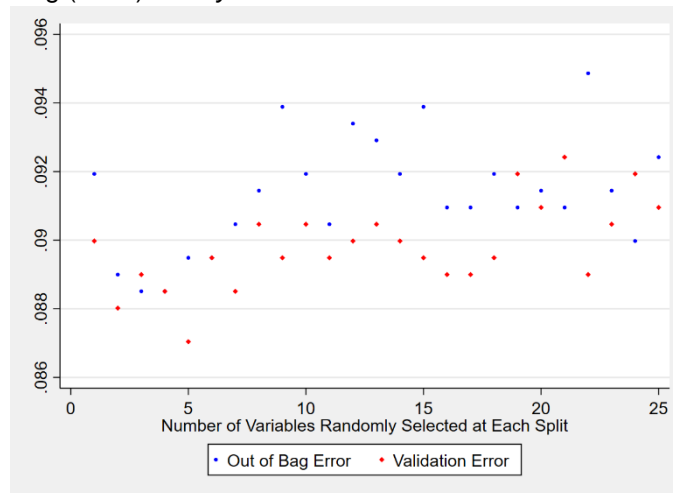
A continuación, ajustamos los hiperparámetros que se adapten al modelo con mayor precisión de prueba. Específicamente, se sintonizarán el número de interacciones (es decir, el número de subárboles) y el número aleatorio de variables por investigar en cada división. Para medir la precisión, utilizaremos dos medidas: el *out-of-bag* error (OBB) (probado contra subconjuntos de datos de entrenamiento que no están incluidos en la construcción del subárbol) y el error de validación (comprobado con los datos de prueba) para determinar el mejor modelo posible.

Gráfico 10. Out-of-bag (OOB) error y error de validación frente a interacciones y número de variables

a. Out-of-bag error y error de validación frente a interacciones



b. Out-of-bag (OOB) error y error de validación frente a número de variables



Fuente: Elaboración propia

Nota: El número de interacciones se inicia en 10 y se incrementa de 5 en 5 hasta llegar a las 500.

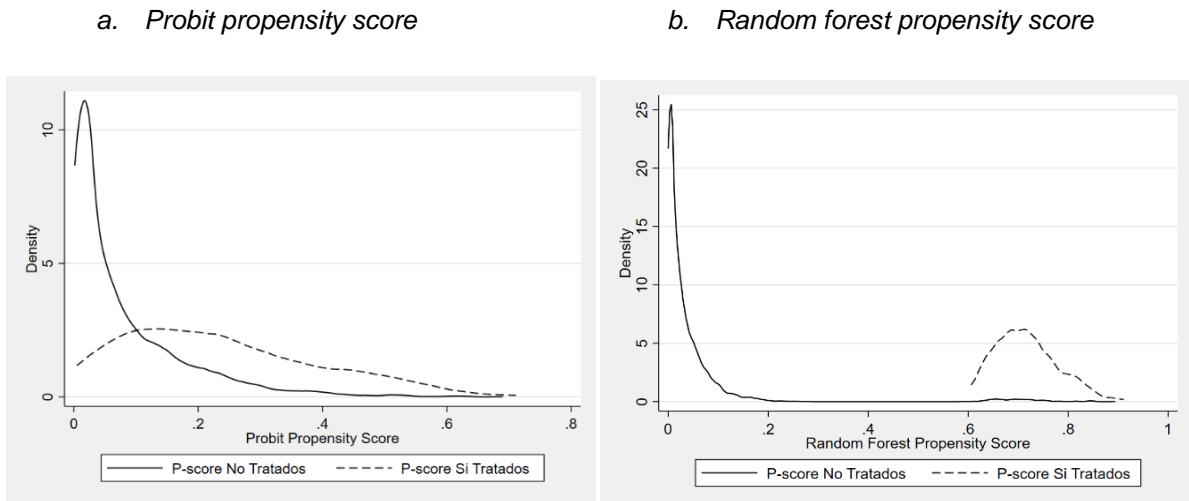
Del gráfico 10.a, podemos observar que el OOB error y el error de validación se estabilizan alrededor del 9%. Por lo tanto, fijar el número de interacciones en 500 es una buena opción.

Por su parte, en el gráfico 10.b, vemos que con cinco variables el OOB error y el error de validación es el más bajo en 0.087. Por lo tanto, en nuestro modelo final de *random forest*, utilizaremos 500 iteraciones y $L = 5$ variables.

Poder de clasificación de *random forest* versus *probit*

La densidad de los puntajes de propensión estimados mediante *random forest* y *probit*¹⁰ se presentan en los gráficos 11.a y 11.b. En estos, identificamos el mayor poder de clasificación del modelo *random forest* sobre el modelo *probit*, ya que la densidad del *random forest propensity score* entre el grupo de tratados y no tratados tiene menos superposición en el soporte que el observado por el *probit propensity score*. Esto también se ve reflejado en el menor error de predicción del modelo *random forest* (8.7%) respecto al *probit* (9.6%).

Gráfico 11. Densidad de los puntajes de propensión estimados mediante *random forest* versus *probit*



Fuente: Elaboración propia.

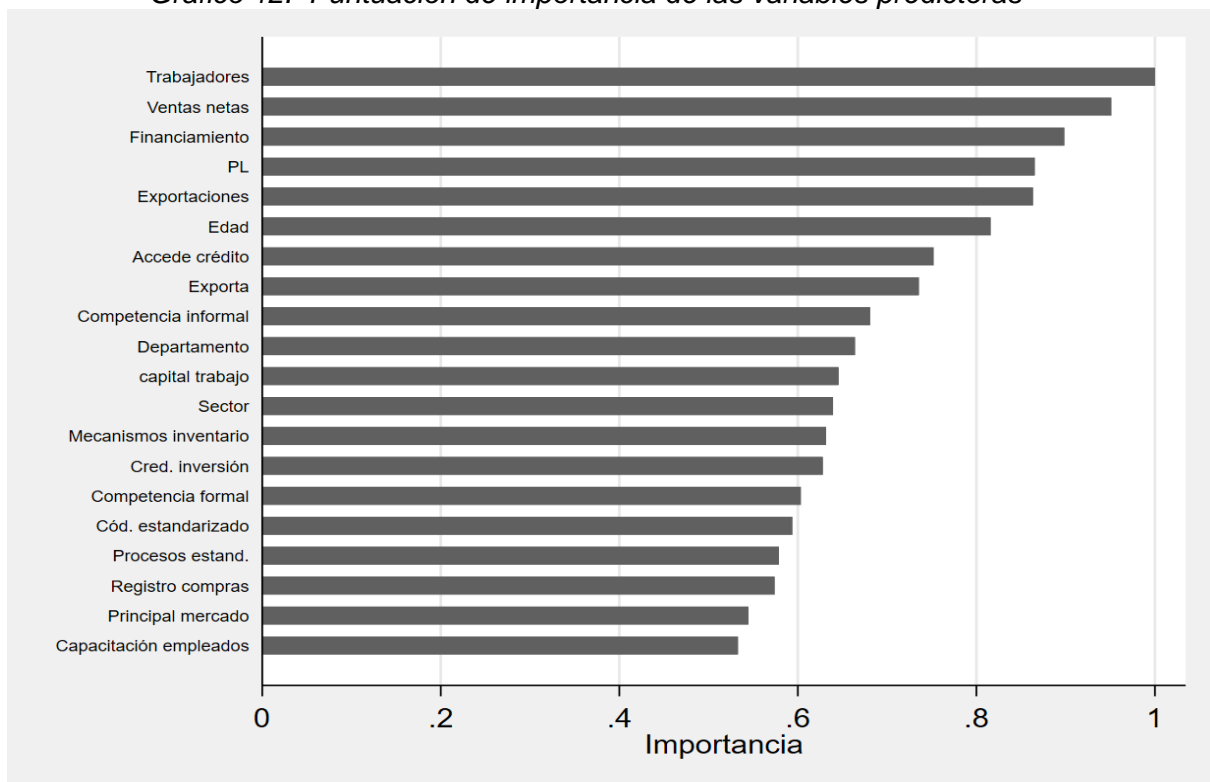
¹⁰ Los coeficientes estimados del modelo probit se presentan en el anexo 2.

Debido a que no se sigue una estrategia de emparejamiento de puntajes de propensión local, sino una reponderación completa de la muestra, mientras se satisfaga el equilibrio de covariables entre el grupo de tratados y el de control, la superposición reducida no es una amenaza para nuestra estrategia de identificación. Por el contrario, como señala [Mena \(2020\)](#), dadas las marcadas diferencias de metodología y resultados entre las dos estrategias de emparejamiento propuestas para estimar los puntajes de propensión, resultados similares en los efectos del tratamiento estimado serán una prueba importante de robustez. A continuación, presentamos los resultados del balanceo.

Puntuación de importancia de las variables predictoras

Siguiendo a [Schonlau y Yuyan \(2020\)](#), para saber qué variables afectan la precisión de la predicción, podemos generar una gráfica de importancia. Para una mejor legibilidad, solo las variables con una puntuación de importancia de al menos 50% se muestran. En el gráfico 12, advertimos el número de trabajadores y las ventas netas con el primer y segundo predictor más importante, respectivamente. Otro predictores importantes incluyen el financiamiento, la productividad laboral, el valor exportado, la edad de la empresa, el acceso al crédito, el acceso al mercado internacional, la mayor competencia informal, el departamento donde opera la empresa, entre otros.

Gráfico 12. Puntuación de importancia de las variables predictoras



Fuente: Elaboración propia

Nota: Solo las variables con puntuación de importancia mayor al 50% aparecen en la gráfica.

En relación con las variables de infraestructura de la calidad, solo la variable de procesos estandarizados aparece en la gráfica, aunque con una importancia media. Las variables de instrumentos de medición calibrados y ensayos de laboratorio registran una importancia por debajo del 50%, por lo que no aparecen entre los predictores más relevantes.

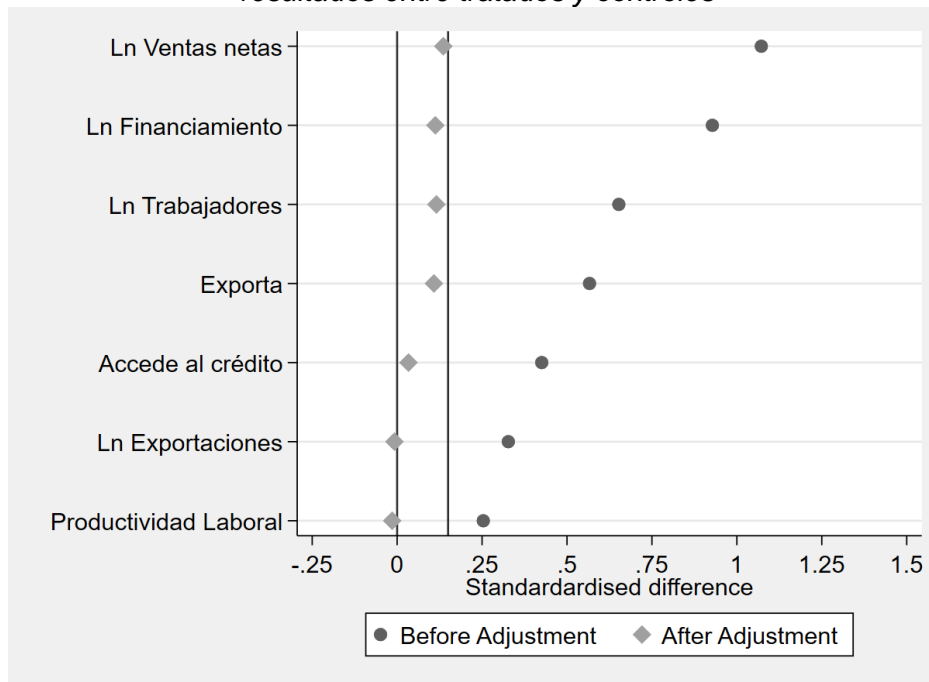
3.4.3. Probabilidad inversa y resultados de la ponderación y balanceo

La ponderación de la probabilidad inversa (IPW, por sus siglas en inglés) tiene una larga tradición en estadística y se empleó por primera vez en econometría para realizar estimaciones consistentes con deserción no aleatoria y datos censurados. La lógica principal detrás de este método es que, si ponderamos las observaciones de una muestra no aleatoria usando el inverso de su probabilidad de muestreo, podemos reconstruirla como si hubiera sido tomada al azar. El caso de la selección sobre el tratamiento puede verse como un caso especial de los problemas de selección descritos anteriormente y, por lo tanto, la IPW puede usarse para reducir el sesgo en la estimación de los efectos del tratamiento. Así lo demostraron [Rosenbaum \(1987\)](#) e [Hirano *et al.* \(2003\)](#), quienes respectivamente demostraron la consistencia y eficiencia de IPW para la estimación del efecto del tratamiento.

Usamos IPW para estimar el efecto promedio del tratamiento en los tratados (ATT). ATT requiere ponderar el grupo de control usando la razón de probabilidad del puntaje de propensión estimado y dejando al grupo de tratamiento sin cambios, como se muestra en la ecuación. Los resultados de la ponderación y el balanceo en el valor de línea de base de las variables de resultados entre tratados y controles se presentan en el gráfico 13 y en el anexo 3.

$$(3) \quad \lambda_i^m = \begin{cases} 1 & \text{si } T = 1 \\ \frac{\widehat{p}_t(X_i)^m}{1 - \widehat{p}_t(X_i)^m} & \text{si } T = 0 \end{cases}$$

Gráfico 13. Ponderación y balanceo en el valor de línea base de las variables de resultados entre tratados y controles



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13, se observa que las empresas del grupo de tratados son generalmente más grandes (tanto en términos de ventas como de número de trabajadores) y productivas, con mayor acceso al crédito y un monto alto de financiamiento, más orientadas a la exportación y con un mayor valor exportado. Sin embargo, después de IPW, todas las diferencias medias entre los grupos de tratados y controles se reducen por debajo del umbral de 0.15 smd¹¹ y por debajo de los niveles significativos del estadístico *t*, como se muestra en el anexo 3.

3.5. El impacto en el desempeño de las firmas

El análisis de los resultados se divide en tres partes relativas a los efectos de contar con una certificación de calidad ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional.¹² Primero, en la subsección 3.1 evaluamos los impactos en el logaritmo natural del número de trabajadores y en el logaritmo natural de las ventas netas. En segundo lugar, en la subsección 3.2, estimamos el impacto en el acceso al mercado internacional y en el valor FOB exportado. En tercer lugar, en la subsección 3.3, determinamos el impacto en el acceso al crédito y en el saldo promedio de financiamiento. Finalmente, el impacto en la productividad laboral y la PTF son evaluados en la subsección 3.4. Además,

¹¹ Diferencia media estandarizada (smd, por sus siglas en inglés).

¹² Para la presente evaluación, no se tomó en cuenta la interacción entre los dos tratamientos (T3) debido a que muy pocas empresas (49) se encuentran bajo dicha condición, lo que podría afectar la detección del efecto evaluado.

en cada subsección, analizamos el efecto promedio del tratamiento sobre los tratados dividiendo el efecto entre mypes y medianas y grandes empresas, con la finalidad de evaluar impactos heterogéneos.

3.5.1. Efecto en el empleo y en las ventas

Las empresas que obtienen una certificación de calidad ISO 9001 o implementan normas técnicas buscan señalar su calidad frente a sus clientes para ampliar su mercado, por lo que se podría esperar un efecto en las ventas netas totales. Además, las certificaciones y la aplicación de normas técnicas implican la introducción de nuevos procesos productivos o sistemas de gestión que incrementan la demanda de mano de obra calificada; por ello, se espera un efecto en el número de trabajadores. A continuación, en la tabla 6, se presentan los resultados de la estimación del efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas.

En las columnas 1 y 2 de la tabla 6, se muestra que el impacto de la certificación de calidad ISO 9001 en el número de trabajadores se encuentra entre 0.236 y 0.154, dependiendo del método IPW que empleemos (*random forest* o *probit*). Aplicando el inverso del logaritmo, los resultados nos revelan que contar con una certificación de calidad ISO 9001 incrementa entre 1.2 y 1.3 el número de trabajadores de la empresa. Por su parte, la aplicación de normas técnicas de origen nacional causa un impacto de entre 0.0937 y 0.164, lo que en términos relativos equivale a un aumento de entre 1.10 y 1.18 trabajadores más en la empresa. Cabe señalar que todos estos resultados son significativos a un nivel de significancia del 1%.

Tabla 6. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el empleo y en las ventas

	(1) Ln trabajadores ¹ RF ³	(2) Ln trabajadores <i>probit</i> ⁴	(3) Ln venta ² RF	(4) Ln ventas <i>probit</i>
Tratamiento 1 ^{5,6,7}	0.236*** (0.0516)	0.154*** (0.0545)	0.236*** (0.0586)	0.274*** (0.0609)
Tratamiento 2 ⁸	0.0937** (0.0464)	0.164** (0.0697)	0.0673 (0.0527)	0.184** (0.0779)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	5.531 (0.329)	5.331 (0.300)	5.364 (0.373)	5.568 (0.335)
Firmas	3485	4058	3485	4058
Controles	3125	3695	3125	3695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Ln trabajadores: logaritmo natural del número de trabajadores. (2) Ln venta: logaritmo natural de las ventas netas en millones de soles. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Además, en las columnas 3 y 4 de la tabla 6, también se muestra que el impacto de la certificación de calidad ISO 9001 en las ventas es positivo y significativo. Este se encuentra entre 0.236 y 0.274, lo que, aplicando la inversa del logaritmo y sopesando respecto al valor medio de la variable en la muestra de empresas, equivale a un incremento de entre 4.4% y 4.9% de las ventas netas en un año. De la misma forma, el impacto a un año de la aplicación de normas técnicas de origen nacional en las ventas netas totales de una empresa se halla entre 1.3% y 3.3%. Aunque, en este último caso, cabe señalar que, el impacto encontrado mediante *diff-in-diff* ponderado por RF-IPW es positivo, no es significativo.

Por otra parte, con la finalidad de analizar los efectos heterogéneos del tratamiento, en la tabla 7, analizamos el impacto para las mypes y medianas y grandes empresas. Los resultados revelan que tanto el efecto de la certificación ISO 9001 como de la aplicación de normas técnicas de origen nacional se concentró mayoritariamente en el segmento empresarial conformado por las medianas y grandes empresas, mientras que para las mypes no se encontró un efecto significativo.

Tabla 7. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el empleo y en las ventas (por tamaño de empresa)

	(1) Ln trabajadores ¹ RF ³	(2) Ln trabajadores <i>probit</i> ⁴	(3) Ln venta ² RF	(4) Ln ventas <i>probit</i>
T1*Mype ^{5,6,7,8}	-0.0518 (0.174)	-0.155 (0.407)	0.0130 (0.196)	0.0128 (0.448)
T1*Mediana y grande ⁹	0.261*** (0.0539)	0.165*** (0.0552)	0.279*** (0.0605)	0.338*** (0.0607)
T2*Mype ¹⁰	0.148 (0.158)	0.0487 (0.830)	0.128 (0.177)	0.0838 (0.913)
T2*Mediana y grande	0.0931* (0.0485)	0.171** (0.0702)	0.0968* (0.0545)	0.252*** (0.0772)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	5.289 (0.356)	5.023 (0.319)	4.853 (0.399)	4.837 (0.351)
Firmas	3485	4058	3485	4058
Controles	3125	3695	3125	3695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Ln trabajadores: logaritmo natural del número de trabajadores. (2) Ln venta: logaritmo natural de las ventas netas en millones de soles. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Mype: empresas con ventas menores o iguales a 1,700 UIT. (9) Mediana y grande: empresas con ventas mayores de 1700 UIT. (10) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $\rho < 0.01$, ** $\rho < 0.05$, * $\rho < 0.10$.

3.5.2. Efecto en el acceso al mercado internacional

Las empresas que obtienen una certificación ISO 9001 o aplican normas técnicas de origen nacional pueden tratar de señalar su calidad principalmente ante sus clientes en los mercados internacionales. Recordemos que, del análisis de los principales predictores de que las empresas sean tratadas, se encuentran variables como el acceso al mercado internacional o el valor de exportación. Por lo tanto, muchas empresas que se certifican o aplican normas técnicas ya exportaban previamente. En ese sentido, el impacto podría reflejarse en la entrada de las empresas a nuevos mercados externos, ya sea iniciando exportaciones o ampliando sus mercados. En la tabla 8, se presentan los resultados de las estimaciones.

Las columnas 1 y 2 de la tabla 8, muestran que el impacto promedio de la certificación ISO 9001 en la probabilidad de exportar está entre 0.0326 y 0.0474; es decir, que incrementa entre 3.26 y 4.47 puntos porcentuales la probabilidad de que una empresa exporte. En tanto, el impacto de la aplicación de normas técnicas de origen nacional es mayor, y está entre 9.89 y 9.91 puntos porcentuales. Este mayor incremento podría deberse a que, a diferencia del grupo de empresas que obtiene una certificación ISO 9001, las empresas que aplican normas técnicas de origen nacional antes del tratamiento se encontraban en promedio menos inmersas en los mercados internacionales, por lo que la implementación de normas técnicas contribuiría a su entrada en el mercado externo.

Tabla 8. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al mercado internacional y el valor de las exportaciones

	(1) Exporta ¹ RF ³	(2) Exporta <i>probit</i> ⁴	(3) Ln exportaciones ² RF	(4) Ln exportaciones <i>probit</i>
Tratamiento 1 ^{5,6,7}	0.0474*** (0.0165)	0.0326* (0.0183)	0.0289 (0.0193)	-0.0120 (0.0198)
Tratamiento 2 ⁸	0.0989*** (0.0149)	0.0991*** (0.0234)	0.0605*** (0.0173)	0.0507** (0.0253)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	0.705 (0.105)	0.41 (0.101)	0.525 (0.123)	0.637 (0.109)
Firmas	3485	4058	3485	4058
Controles	3125	3695	3125	3695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Exporta: empresa accede al mercado internacional. (2) Ln exportaciones: logaritmo natural del valor FOB exportado en millones de soles. (3) RF: random forest IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $\rho < 0.01$, ** $\rho < 0.05$, * $\rho < 0.10$.

Se esperaría, entonces, que la obtención de la certificación de calidad ISO 9001 contribuya a que las empresas que ya se encuentran exportando incrementen su margen intensivo; sin embargo, en las columnas 3 y 4 de la tabla 8, observamos que no existen efectos significativos. Esto podría deberse a que el efecto de señalización contribuiría a afianzar las relaciones con los clientes internacionales de la empresa con los que ya se vienen estableciendo relaciones comerciales o para sortear alguna barrera comercial que les estén exigiendo para sus operaciones comerciales en el exterior.

En tanto, la aplicación de normas técnicas de origen nacional también ha generado un impacto positivo en el valor exportado. Este se encuentra entre 0.0539 y 0.0658, lo que, respecto a la media de la muestra, equivale a un incremento de entre 8.0% y 11.5% del valor exportado en un periodo posterior a implementada la norma. No obstante, como advertimos en la tabla 9, estos efectos se concentran en las medianas y grandes empresas. Esto podría deberse a que las mypes no son capaces de cubrir los costos hundidos y fijos asociados con exportar directamente, por lo que lo efectuarían indirectamente a través de su incursión en cadenas globales de valor.

Tabla 9. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al mercado internacional y en el valor de las exportaciones (por tamaño de empresa)

	(1) Exporta ¹ RF ³	(2) Exporta <i>probit</i> ⁴	(3) Ln exportaciones ² RF	(4) Ln exportaciones <i>probit</i>
T1*Mype ^{5,6,7,8}	-0.0408 (0.0559)	-0.190 (0.137)	-0.000 (0.0652)	-0.0255 (0.148)
T1*Mediana y grande ⁹	0.0552*** (0.0173)	0.0388** (0.0185)	0.0326 (0.0202)	-0.00920 (0.0200)
T2*Mype ¹⁰	0.0157 (0.0507)	0.0128 (0.278)	0.00821 (0.0591)	0.00126 (0.301)
T2*Mediana y grande	0.106*** (0.0156)	0.103*** (0.0235)	0.0658*** (0.0182)	0.0539** (0.0254)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	0.734 (0.114)	0.383 (0.107)	0.534 (0.133)	0.639 (0.116)
Firmas	3,485	4,058	3,485	4,058
Controles	3,125	3,695	3,125	3,695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, SUNAT y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Exporta: Empresa accede al mercado internacional. (2) Ln Exportaciones: Logaritmo natural del valor FOB exportado en millones de soles. (3) RF: Random Forest IPW. (4) *Probit*: *Probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: Certificación de calidad ISO 9001. (8) Mype: empresas con ventas menores o iguales a 1700 UIT. (9) Mediana y grande: empresas con ventas mayores de 1700. (10) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $\rho < 0.01$, ** $\rho < 0.05$, * $\rho < 0.10$.

3.5.3. Efecto en el acceso al financiamiento

Las empresas que buscan obtener beneficios mediante la señalización frente a sus clientes nacionales e internacionales también se podrían beneficiar por una mejor relación frente a las entidades crediticias del sistema financiero formal. Además, debido a que la adopción de una certificación de calidad o norma técnica introduce nuevos procesos o sistemas de control de calidad que requieren una inversión inicial para su implementación, esta puede provenir de recursos propios de la empresa o de deuda. De acuerdo con la importancia de los predictores del tratamiento mediante *Random Forest* desarrollado en la sección anterior, las empresas que adoptan una certificación de calidad o aplican normas técnicas, por lo general, previamente ya se encuentran inmersas en el sistema financiero y mantienen mayores saldos de deuda que las empresas no tratadas. Por lo tanto, en la tabla 10, analizamos los efectos en el acceso al crédito y en el saldo financiero.

Las columnas 1 y 2 de la tabla 10 muestran que la obtención de la certificación de calidad ISO 9001 no tiene un impacto significativo en el acceso crédito. Esto debido a que, como ya se mencionó anteriormente, las empresas que adoptan esta certificación, por lo general, ya estaban inmersas en el mercado financiero; además, que para implementar los procesos o sistemas de control de calidad, pueden haber tenido que incurrir en capital de inversión, por lo que en los periodos posteriores se esperaría un decrecimiento del saldo de financiamiento. Esto es lo que revelan las columnas 3 y 4 de la tabla 10, en las

cuales advertimos un impacto negativo y significativo de entre -0.121 y -0.209, lo que respecto a la media significa una disminución de entre 5.4% y 15.4% del saldo financiero de la empresa luego de obtenida la certificación de calidad.

Tabla 10. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al crédito y en el saldo de financiamiento

	(1) Accede al crédito ¹ RF ³	(2) Accede al crédito <i>probit</i> ⁴	(3) Ln financiamiento ² RF	(4) Ln financiamiento <i>probit</i>
Tratamiento 1 ^{5,6,7}	-0.00372 (0.0162)	0.0143 (0.0166)	-0.121** (0.0484)	-0.209*** (0.0510)
Tratamiento 2 ⁸	0.0696*** (0.0146)	0.0650*** (0.0213)	0.0706 (0.0435)	-0.0317 (0.0653)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	1.077 (0.104)	0.85 (0.0916)	2.223 (0.308)	1.359 (0.281)
Firmas	3485	4058	3485	4058
Controles	3125	3695	3125	3695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Accede al crédito: empresa accede al crédito mediante una entidad financiera formal. (2) Ln financiamiento: logaritmo natural del saldo de financiamiento promedio del año en millones de soles. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

En el caso de las empresas que aplican normas técnicas de origen nacional, de la columna 1 y 2 de la tabla 10, observamos un impacto positivo de entre 6.50 y 6.96 puntos porcentuales en el acceso al crédito. En este caso, al ser empresas que antes del tratamiento tenían un menor acceso al financiamiento, la aplicación de normas técnicas de origen nacional podría servir como un criterio de evaluación de la solvencia de una empresa por parte de las entidades financieras, ya que se asocia a un mejor desempeño futuro. Sin embargo, los saldos financieros otorgados parecen ser poco significativos de acuerdo con las columnas 3 y 4 de la tabla 10.

Cuando evaluamos el efecto en la mype, en general, no encontramos impactos significativos (con excepción de la variable de acceso al crédito mediante el modelo RF-IPW). De la tabla 11, advertimos que los impactos descritos anteriormente se concentran en la mediana y grande empresa, incluso el efecto de la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la variable de saldo de financiamiento se vuelve significativa.

Tabla 11. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el acceso al crédito y en el saldo de financiamiento (por tamaño de empresa)

	(1) Accede al crédito ¹ RF ³	(2) Accede al crédito <i>probit</i> ⁴	(3) Ln financiamiento ² RF	(4) Ln financiamiento <i>probit</i>
T1*Mype ^{5,6,7,8}	-0.162*** (0.0547)	-0.170 (0.124)	-0.00176 (0.163)	-0.128 (0.379)
T1*Mediana y grande ⁹	0.00752 (0.0169)	0.0162 (0.0169)	-0.118** (0.0504)	-0.179*** (0.0514)
T2*Mype ¹⁰	0.0500 (0.0496)	-0.0312 (0.253)	0.0652 (0.148)	0.0476 (0.773)
T2*Mediana y grande	0.0695*** (0.0153)	0.0644*** (0.0214)	0.0870* (0.0453)	0.00374 (0.0653)
Observaciones	6970	8116	6970	8116
Media	1.149 (0.112)	0.899 (0.0974)	1.979 (0.332)	0.964 (0.297)
Firmas	3485	4058	3485	4058
Controles	3125	3695	3125	3695
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) Accede al crédito: empresa accede al crédito mediante una entidad financiera formal. (2) Ln financiamiento: logaritmo natural del saldo de financiamiento promedio del año en millones de soles. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Mype: empresas con ventas menores o iguales a 1700 UIT. (9) Mediana y grande: empresas con ventas mayores a 1700 UIT. (10) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

3.5.4. Efecto en la productividad

Los efectos analizados hasta el momento se han vinculado principalmente a la reducción de las barreras informativas con determinados agentes externos de la empresa (clientes, entidades financieras). Otra hipótesis podría ser que las empresas que adoptan la certificación de calidad se vuelven más productivas debido a la implementación de procesos estandarizados internacionalmente. La estimación del efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral y en la PTF se presentan en las tablas 12 y 13.

En las columnas 1 y 2 de la tabla 12, observamos que la obtención de una certificación de calidad ISO 9001 tiene un impacto positivo en la productividad laboral de entre 3.4% y 8.2%, aunque el efecto positivo detectado por RF-IPW no es significativo. En tanto, el impacto de la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral es de entre 8.9% y 18.1%. Por su parte, las columnas 3 y 4 muestran que no existen efectos estadísticamente significativos de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la PTF. En este último caso, debido a que la ENE 2015 no recogía datos sobre el capital, la muestra con datos completos de esta variable

es menor con respecto a las otras estimaciones. Esto podría incrementar la varianza de los parámetros y dificultar la identificación de impactos, o encontrar efectos negativos como el de la columna 3 para el tratamiento 2.

Tabla 12. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral y en la productividad total de factores (PTF)

	(1) Ln PTL ¹ RF ³	(2) Ln PTL <i>probit</i> ⁴	(3) Ln PTF ² RF	(4) Ln PTF <i>probit</i>
Tratamiento 1 ^{5,6,7}	0.0143 (0.0334)	0.0814** (0.0340)	0.00569 (0.0202)	0.0317 (0.0266)
Tratamiento 2 ⁸	0.0752** (0.0301)	0.0884** (0.0434)	-0.0746*** (0.0182)	-0.00322 (0.0305)
Observaciones	6970	8116	3989	4573
Mean	0.416 (0.213)	0.997 (0.187)	2.879 (1.542)	2.618 (0.697)
Firmas	3485	4058	3483	4056
Controles	3125	3695	3123	3693
Tratados	360	363	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) PTL: productividad Laboral. (2) PTF: productividad total de factores. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Por otro lado, analizando el impacto heterogéneo en la productividad laboral, las columnas 1 y 2 de la tabla 13 muestran que el impacto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional se concentran en la mediana y grande empresa.

Como señala [Mena \(2020\)](#), la obtención de una certificación de calidad o la aplicación de normas técnicas no necesariamente conduce a un incremento de la productividad, ya que esta se puede dar previamente cuando la empresa comienza a implementar las mejoras requeridas por una certificación o estipuladas en una norma técnica. De hecho, de acuerdo con la importancia de los predictores del tratamiento mediante *random forest* desarrollado en la sección anterior, un buen predictor es tener una elevada productividad laboral. Por lo tanto, que hayamos encontrado efectos positivos y significativos en la productividad laboral, sobre todo de la aplicación de normas técnicas de origen nacional, puede deberse a un incremento marginalmente mayor en las ventas que en el número de trabajadores para las empresas tratadas versus los controles.

Por último, más allá de los aspectos técnicos de los valores de la variable en la muestra que podrían estar afectando las estimaciones del impacto en la PTF, de acuerdo con [Javorcik y Sawada \(2018\)](#), los efectos de la certificación de calidad toman tiempo y recién podrían verse al tercer año de implementada.

Tabla 13. Efecto de la certificación ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en la productividad laboral (por tamaño de empresa)

	(1) Ln PTL ¹ RF ²	(2) Ln PTL Probit ³
T1*Mype ^{4,5,6,7}	0.0153 (0.113)	0.000671 (0.253)
T1*Mediana y grande ⁸	0.0217 (0.0349)	0.101*** (0.0342)
T2*Mype ⁹	0.0203 (0.102)	0.0328 (0.515)
T2*Mediana y grande	0.0886*** (0.0314)	0.109** (0.0435)
Observaciones	6970	8116
Mean	0.289 (0.230)	0.835 (0.198)
Firmas	3485	4058
Controles	3,125	3,695
Tratados	360	363

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS ponderado por IPW

Nota: (1) PTL: productividad laboral. (2) PTF: productividad total de factores. (3) RF: *random forest* IPW. (4) *Probit*: *probit* IPW. (5) Controles variables en el tiempo para la edad de la empresa, sector y departamento. (6) Efectos fijos a nivel de empresa. (7) Tratamiento 1: certificación de calidad ISO 9001. (8) Tratamiento 2: aplicación de normas técnicas de origen nacional. Nivel de significancia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

IV. Conclusiones

Este estudio presenta evidencia empírica a nivel de empresas peruanas sobre el impacto de la adopción de la certificación de calidad ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional en el desempeño de las empresas utilizando la base de datos de la Encuesta Nacional de Empresas (ENE) 2015-2018, Sunat y RCC-SBS. Los resultados indican que las empresas con mayor número de trabajadores, ventas netas, productividad laboral, acceso al crédito y a los mercados internacionales tienen mayor probabilidad *ex ante* de obtener una certificación de calidad o aplicar normas técnicas peruanas. En cuanto a los servicios que componen la IC, encontramos que solo la variable de procesos estandarizados es relevante para predecir la adopción de una ISO 9001 o la aplicación de normas técnicas peruanas.

Con respecto a la evaluación de impacto, encontramos que la obtención de una certificación de calidad ISO 9001 o la aplicación de normas técnicas de origen nacional producen un efecto positivo en la generación de empleo y en el incremento en las ventas. Este efecto posiblemente se deba a que las certificaciones y la implementación de normas técnicas nacionales sirven para señalar características deseables de los productos o servicios a los agentes externos a la empresa, para quienes la relación cliente-producto presenta asimetrías de información. Sin embargo, este impacto es heterogéneo según el tamaño de la empresa, pues solo es significativo para el segmento empresarial conformado por la mediana y gran empresa.

La obtención de una certificación de calidad ISO 9001 o la aplicación de normas técnicas de origen nacional también causaron un impacto positivo en el desempeño externo de la empresa, específicamente en el acceso al mercado internacional y en el valor exportado, aunque en este último caso el efecto es significativo es solo para el tratamiento 2: aplicación de normas técnicas peruanas. Una posible explicación de estos hallazgos se relaciona con la señalización de las empresas que usan normas técnicas frente a sus clientes internacionales nuevos o con aquellos con los que ya se tiene relaciones comerciales. La adopción de normas técnicas también podría contribuir a sortear alguna barrera comercial exigida a las empresas para realizar sus operaciones comerciales en el exterior.

El efecto de señalización parece beneficiar la relación empresa-prestamista, ya que las empresas que obtuvieron una certificación de calidad ISO 9001 o aplicación de normas técnicas de origen nacional presentaron un impacto positivo en su desempeño financiero. En particular, existe un efecto positivo en la variable de acceso al crédito, aunque este es relevante solo para el tratamiento 2: aplicación de normas técnicas peruanas. Por su parte, el impacto en la variable de saldo financiero es negativo para las empresas que recibieron el tratamiento 1: obtención de una certificación ISO 9001. Este efecto se podría deber a que las empresas que adoptan esta certificación de calidad ya estaban inmersas en el mercado financiero, además que, para implementar los procesos o sistemas de control de calidad, pudieron haber tenido que incurrir en capital de inversión, por lo que

en los periodos *ex post* al tratamiento se esperaría un decrecimiento del saldo de financiamiento.

Finalmente, se encuentran efectos positivos y significativos de la certificación de calidad y de la aplicación de normas técnicas de origen nacional sobre la productividad laboral de las empresas. Esto puede deberse a un incremento marginal mayor en las ventas que en el número de trabajadores para las empresas tratadas versus los controles. Por el contrario, el impacto en la PTF no es significativo, ya que los efectos de la certificación de calidad toman tiempo y recién podrían verse al tercer año de implementada.

V. Recomendaciones de política

Nuestros hallazgos brindan varias consideraciones útiles para los formuladores de política de desarrollo productivo. En primer lugar, al no disponer de una encuesta específica para medir el efecto de la IC en el Perú, en el presente estudio se ha utilizado la ENE. Sin embargo, esta encuesta tiene sus limitaciones para llevar a cabo estudios cuasiexperimentales. Por ende, *para mejorar los estudios de evaluación de impacto de la IC, la primera recomendación de política es mejorar el contenido y diseño de la ENE. Específicamente, se sugiere incluir una pregunta que recoja el año en el que la empresa encuestada utilizó por primera vez cualquiera de los servicios de la IC. Asimismo, se debería procurar contar con un diseño panel para la encuesta que permita contar con un mayor número de mypes evaluadas.*

Como se ha evidenciado en el resto del documento, la adopción de la certificación de calidad ISO 9001 y la aplicación de normas técnicas de origen nacional causa impactos positivos en diversas variables de desempeño de las empresas, como número de trabajadores, ventas, productividad laboral, acceso al crédito y mercados internacionales. Por lo tanto, *en el marco de la formulación de políticas públicas para el incremento de la productividad y competitividad de las empresas en el Perú, se propone como segunda recomendación incluir, como uno de los componentes, la generación de condiciones para fomentar un mayor uso de servicios de la infraestructura de calidad, en especial, de la mype.*

Luego, el estudio brinda información sobre las características de las empresas que con mayor probabilidad de obtener una certificación de calidad o de aplicar normas técnicas peruanas. El hecho de que las empresas más grandes, internacionalizadas y con mayor acceso al financiamiento tengan una mayor probabilidad de certificarse o de aplicar normas técnicas peruanas puede ser una señal de que existen barreras para su implementación por parte de empresas más pequeñas. De acuerdo con la descripción de la IC en el Perú realizada en la sección 2, un poco menos de un tercio de las empresas no usan los servicios de la IC debido a la falta de información. En ese sentido, *la tercera recomendación de política es que el Inacal fortalezca su rol promotor de los servicios de la IC a las empresas, en especial, a la mype. Esto se podría promover a través del cofinanciamiento de certificaciones, de la asistencia técnica y capacitación para su implementación, de la difusión de normas técnicas, entre otros.*

Aunque en menor medida, un porcentaje de empresas no emplean la IC debido a las características de la oferta. Los resultados econométricos revelan que las certificaciones de calidad y la aplicación de normas técnicas peruanas tienen un efecto positivo principalmente en la mediana y grande empresa. Por lo tanto, *la cuarta recomendación de política es mejorar la vinculación de la oferta del Inacal con la demanda insatisfecha de las empresas por los servicios de la IC. Esto pasa por identificar la demanda específica de sectores y empresas con mayor demanda insatisfecha (empresas exportadoras, de sectores transables, de no subsistencia).*

Referencias

- Athey, S., Tibshirani, J., y Wager, S. (2019). Generalized random forests. *Ann Statist*, 47(2), 1148-1178.
- Bernal, R. y Peña, X. (2015). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Universidad de los Andes.
- Bernini, F., Figal, L., y Maffioli, A. (2017). *Certificación internacional de calidad ¿Señalizando a quién?: impacto en el desempeño de empresas en Argentina*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Documento de trabajo 770.
- Biau, G. y Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *TEST*, 25(2), 197- 227.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Calza, E. y Goedhuys, M. (2018). Domestic quality certification and growth of vietnamese MSME. *Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT)*, 1871-9872.
- Calza, E., Goedhuys, M. y Trifkovic, N. (2019). Drivers of productivity in vietnamese smes: the role of management standards and innovation. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(1), 23-44.
- Dick, G., Heras, I. y Casadesús, M. (2008). Shedding light on causation between ISO 9001 and improved business performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(7), 687-708.
- Duflo, E., Chernozhukov, V., Chetverikov, D., Demirer, M., Hansen, C. y Newey, W. (2017). Double/debiased/neyman machine learning of treatment effects. *American Economic Review*, 107(5), 261- 65.
- Fikru, M. (2014). Firm level determinants of international certification: evidence from ethiopia. *World Development*, 64, 286-297.
- Gallego, J. y Gutiérrez, L. (2017). *Quality management system and firm performance in an emerging economy: The case of Colombian manufacturing industries*. Inter-American Development Bank, IDB Working Paper Series IDB-WP-803.
- Goedhuys, M. y Sleuwaegen, L. (2013). The impact of international standards certification on the performance of firms in less developed countries. *World Development*, 47, 87-101.
- Guasch, J., Racine, J., Sánchez, I. y Diop, M. (2007). *Quality Systems and Standards for a Competitive Edge*. World Bank.

- Hirano, K. I. (2003). Efficient estimation of average treatment effects using the estimated propensity score. *Econometrica*, 71(4), 1161-1189.
- Hudson, J. y Orviska, M. (2013). Firm's adoption of international standards: one size fits all? *Journal of Policy Modeling*, 35(2), 289-306.
- Imbens, G. y Rubin, D. (2015). Estimating the Propensity Score (pp. 281-308). Cambridge University Press.
- Imbens, G. y Wooldridge, J. (2009). Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5-86.
- Inacal. (2018). *Perú. La calidad en las micros y pequeñas empresas manufactureras: resultados de la Primera Encuesta Nacional de Calidad Mype 2017*. Lima: Instituto Nacional de Calidad.
- Javorcik, B. y Sawada, N. (2018). The ISO 9000 certification: little pain, big gain? *European Economic Review*, 105, 103-114.
- King, G. y Nielsen, R. (2019). Why propensity scores should not be used for matching. *Political Analysis*, 27(4), 435-454.
- Lee, B., Lessler, J. y Stuart, E. (2010). Improving propensity score weighting using machine learning. *Statistics in Medicine*, 29(3), 337-346.
- Li, Q., Racine, J. y Wooldridge, J. (2008). Estimating average treatment effects with continuous and discrete covariates: the case of swan-ganz catheterization. *American Economic Review*, 98(2), 357-62.
- Mena, A. (2020). *The impact of quality certifications on firms performance. A random forest diff-in-diff approach [Tesis de maestría, Universidad de San Andrés]*.
- Nyman, R. y Omerod, P. (2017). *Understanding the Great Recession Using Machine Learning Algorithms. General Economics*.
- Rosenbaum, P. R. (1987). Model-based direct adjustment. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 387-394.
- Rosenbaum, P. y Rubin, D. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Schonlau, M. y Yuyan, R. (2020). The random forest algorithm for statistical learning. *Stata Journal*, 20(1), 3-29.
- Smith, A. y Todd, E. (2005). Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators? *Journal of Econometrics*, 125(1-2), 305-353.

- Starke, F. y Rangamonhan, E. (2012). Impact of ISO 9000 certification on firm performance: evidence from Brazil. *Management Research Review*, 35(10), 974-997.
- Sun, Y. y Outyang, W. (2014). International Standards for exporting firms: evidence from China. *The Journal of Applied Business Research*, 30(6), 1753-1766.
- Terlaak, A. y King, A. (2006). The effect of certification with the ISO 9000 quality management standard: a signaling approach. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 60(4), 579-602.
- Terziovski, M. y Guerrero, J. (2014). ISO 9000 quality system certification and its impact on product and process innovation performance. *International Journal of Production Economics*, 158, 197-207.
- Trifković, N. (2017). Spillover effects of international standards: working conditions in the vietnamese SMEs. *World Development*, 97(C), 79-101.
- Ullah, B. (2020). Signaling value of quality certification: financing under asymmetric information. *Journal of Multinational Financial Management*, (55)..
- Ullah, B., Wei, Z. y Xie, F. (2014). ISO certification, financial constraints and firm performance in Latin American and Caribbean countries. *Global Finance Journal*, 25(3), 203-228.
- Volpe Martincus, C., Castresesana, S. y Castagnino, T. (2010). ISO Standards: a certificate to expand exports? Firm-Level evidence from Argentina. *Review of International Economics*, 18(5), 896-912.
- Westreich, D., Lessler, J. y Jonsson Funk, M. (2010). Propensity score estimation: neural networks, support vector machines, decision trees (cart), and metaclassifiers as alternatives to logistic regression. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63, 826-833.
- Wooldridge, J. (2007). Inverse probability weighted estimation for general missing. *Journal of Econometrics*, 141(2), 1281-1301.
- Wooldridge, J. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press.
- Xioyang Chen, M., Wilson, J. y Otsuki, T. (2008). Standards and export decisions: firm-level evidence from developing countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 17(4), 501-523.

Anexos

Anexo 1. Metodología para la estimación de la productividad total de factores (PTF)

El indicador de la PTF puede ser medido a través de la función de producción Cobb-Douglas con dos factores de producción. La forma funcional en su versión log-lineal es la siguiente:

$$\ln(y_{it}) = a_{it} + a_k \ln(k_{it}) + a_l \ln(l_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$a_{it} = a_i + s_{it} \quad (2)$$

Donde y_{it} es el producto de la firma, k_{it} y l_{it} son, respectivamente, el capital y trabajo, a_{it} es la PTF y ε_{it} representa un error de medición. Los valores se computan para cada firma i y periodo t . A su vez, también se supone que el término a_{it} tiene dos componentes: a_i y s_{it} , donde a_i recoge la productividad no observada por el econométrista pero observada por la empresa y que es constante en el tiempo, y s_{it} representa los choques de productividad no observados ni por la empresa ni por el econométrista. Por lo tanto, la ecuación (2) puede reescribirse de la siguiente forma:

$$\ln(y_{it}) = a_i + s_{it} + a_k \ln(k_{it}) + a_l \ln(l_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Se puede estimar la ecuación 3 por el método de MCO. Además, se restringieron las elasticidades de los factores a rendimientos constantes a escala, dado que no se rechaza la hipótesis de que las participaciones de los factores sumaban uno de acuerdo con el test de Wald.

En cuanto a la productividad agregada por tamaño de empresa, siguiendo la línea de otros estudios que la estiman, se sumó la PTF ponderada por el nivel de ventas de las empresas para considerar la contribución de las empresas a la productividad total. Para calcular los resultados de la productividad por tamaño empresarial, la PTF fue convertida a un índice para un mejor análisis. Sea a_i la productividad estimada por tamaño empresarial i y N la suma de todos los i , el índice de productividad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\widehat{PTF}_i = \frac{a_i - a_{min}}{a_{max} - a_{min}} \quad (4)$$

Anexo 2. Resultados de la estimación *probit*

Varibles	(1) T
Ln trabajadores	0.214*** (0.0527)
Ln ventas netas	0.102* (0.0575)
Exporta	0.320*** (0.0893)
Ln valor FOB exportado	-0.180*** (0.0577)
Accede al crédito	0.0432 (0.0873)
Ln saldo de financiamiento	0.0120 (0.0296)
Ln productividad laboral	0.309*** (0.105)
Tamaño	0.0449 (0.196)
Edad	-0.00206 (0.00518)
Sector	-0.0231 (0.0277)
Departamento	-0.00625 (0.0747)
Principal mercado	0.0891 (0.138)
Competencia formal	0.0647 (0.0529)
Competencia informal	0.0664 (0.0538)
Capacitación de empleados	0.254*** (0.0844)
Registro de compras	0.124*** (0.0474)
Control de inventarios	0.0472 (0.0751)
Cod. de existencias estandarizado	-0.0690 (0.0937)
Procesos estandarizados	0.247*** (0.0737)
Instrumentos calibrados	0.353*** (0.0975)
Ensayos de laboratorio	-0.173*** (0.0536)
Crédito capital de trabajo	0.149** (0.0719)
Crédito de inversión	0.0805 (0.0799)
Constante	-3.195*** (0.314)
Observaciones	4058
r ² _p	0.197

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS
Standard errors in parentheses

Anexo 3. Diferencia de medias de las variables de resultados después del ajuste

	Controles			Tratados			Diff
	N	Media	Desviación estándar	N	Media	Desviación estándar	
Trabajadores	3122	4.63	1.52	363	4.81	1.35	0.181**
Ventas netas	3122	3.63	1.39	363	3.87	1.30	0.232***
Exporta	3122	0.34	0.47	363	0.39	0.49	0.049
Exportaciones	3122	0.39	0.98	363	0.39	0.88	-0.004
Accede al crédito	3122	0.81	0.39	363	0.83	0.38	0.012
Financiamiento	3122	1.38	1.49	363	1.54	1.54	0.162
Productividad laboral	3122	0.51	0.70	363	0.50	0.64	-0.009

Fuente: Estimaciones del autor utilizando la ENE, Sunat y RCC-SBS