



Manual Técnico

M

uestreo Poblacional



Excácale
Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos



11

El *Manual Técnico para el Muestreo Poblacional* es un documento de uso oficial elaborado por la Dirección de Pruebas y Medición del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.

REDACCIÓN:

Elizabeth Juárez Colunga
Ricardo Ramírez Aldana
José Gustavo Rodríguez Jiménez

ASESORÍA TÉCNICA:

Richard Wolfe

REVISIÓN Y CORRECCIÓN:

Laura Tayde Prieto López
Ramsés Sandoval Ramírez

DISEÑO DE INTERIORES Y DIAGRAMACIÓN:

Elizabeth Rojas Martínez

D. R. © 2006 por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación
José Ma. Velasco 101, Col. San José Insurgentes
03900 México, D. F.

Primera edición: septiembre de 2006

Impreso en México

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO	6
1. POBLACIÓN DE INTERÉS	7
2. MARCO MUESTRAL	9
3. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO MUESTRAL	11
4. ESTRATOS Y DOMINIOS DE ESTUDIO	13
5. TAMAÑO DE MUESTRA	15
5.1 Coeficiente de homogeneidad al interior de las escuelas.....	15
5.2 Deff	17
5.3 Tamaño de muestra por estrato	19
5.4 Asignación óptima o de asignación Neyman	19
5.5 Asignación proporcional	20
6. SELECCIÓN DE ESCUELAS	21
6.1 Procedimiento para elegir las escuelas en la primera etapa de muestreo	21
6.2 Validación y reemplazo de escuelas	23
6.3 Causas por las que pueden sustituirse escuelas	23
6.4 Procedimiento para selección de escuelas suplentes	24
7. SELECCIÓN DE ALUMNOS	25
7.1 Procedimiento para asignar las cuotas de muestreo de alumnos	25
8. PESOS MUESTRALES O FACTORES DE EXPANSIÓN	27
8.1 Alumnos.....	27
8.2 Directores y docentes	28
9. CORRECCIONES DE FACTORES DE EXPANSIÓN POR NO RESPUESTA	29
10. COBERTURA DE LA MUESTRA	31
Anexo I	33
Anexo II	34
Anexo III	40
BIBLIOGRAFÍA	42
GLOSARIO	43

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional para la Evaluación de la educación (INEE) tiene como misión desarrollar diagnósticos confiables de la situación educativa en México, para lo cual se apoya en su subsistema de pruebas de aprendizaje. En este encargo de elaborar pruebas de calidad se desarrollan los Exámenes de Calidad y Logro Educativos (Excale), cuyo objetivo es evaluar el logro académico de los estudiantes del país.

Estos exámenes permiten explicar los resultados de las pruebas de logro y se aplican a la par de cuestionarios de contexto de alumnos, docentes y directores.

Para conocer las características generales de la educación del país es posible realizar una encuesta censal o una muestral: mientras que, un censo examina a toda la población, una muestra lo hace sólo a una parte de ella, que la representa y está construida de modo que permite inferir los resultados para toda la población con un margen de error cuantificable.

Hay varias razones por las que se recomienda una muestra en lugar de un censo (Cochran, 1977, p.1-2; Raj, 1980, p.36; y Sharon, 1999, p. 16-17); entre ellas: el costo, que es menor en un levantamiento de datos muestral que en uno censal; el tiempo de recolección de información, que es menor en un muestreo porque el volumen de información es también inferior, además de la implementación, pues en un muestreo se tiene mayor control sobre el personal que aplica las pruebas y, por consecuencia, la calidad de la información mejora.

Para que este proceso sea totalmente confiable y responda satisfactoriamente a las necesidades de contar con diagnósticos válidos de la educación, debe basarse en técnicas científicas, lo cual exige planear una estrategia óptima para muestrear.

El objetivo de este documento es describir la estrategia de muestreo (diseño muestral) que se utiliza para la aplicación de los Excale, especificando sus propiedades y el procedimiento para seleccionar la muestra.

En la evaluación de Excale en realidad se dispone de varias muestras, tantas como niveles de estudio se evalúen; por ejemplo, si se evalúan grados de primaria, secundaria y preparatoria se tendrían tres poblaciones a muestrear y así tres muestra; sin embargo, el diseño muestral es el mismo para todos los niveles que se evalúan. El presente manual aplica para todas las poblaciones.

Los aspectos que deben cuidarse en la elaboración de un diseño muestral son: la determinación del objetivo de la encuesta; la definición de la población a muestrear; la lista de escuelas donde se ubican los alumnos a muestrear; la selección de las escuelas de la lista anterior; la selección de alumnos y la documentación del proceso, así como el cálculo de indicadores de la eficiencia del muestreo y la operatividad del mismo.

El documento está organizado de la siguiente manera: primeramente se especifican los aspectos preliminares necesarios para planear la selección de la muestra; se especifican las características del diseño muestral; se describe el procedimiento para calcular el tamaño de la muestra en un muestreo con un cierto diseño y en particular el de los Excale; se explica cómo se seleccionan las escuelas; se detalla la manera en que se seleccionan los alumnos; se describe cómo se calculan algunas medidas de la efectividad del diseño muestral *a posteriori* y, en los apéndices, se presentan ejemplos de algunos procedimientos implicados en el documento.

OBJETIVO

Antes de delimitar la población a la que se va a encuestar y planear la manera en la que se seleccionará la muestra, es fundamental determinar lo que se desea obtener de ella y los alcances que se pretenden de los resultados. Sucede en ocasiones que hasta el final, cuando ya se recopiló la información, se observa que los resultados no son satisfactorios, de modo que los datos de la encuesta servirán para la finalidad con la que fueron planteados, pero no necesariamente para resultados no considerados desde el inicio.

En el caso de los Excale, el objetivo es obtener información representativa del logro de los estudiantes y de variables de contexto asociadas al mismo para subpoblaciones del país, tales como las entidades o tipos de escuelas.

1 POBLACIÓN DE INTERÉS

La población de interés es la colección de unidades que se pretende estudiar, ya sea midiendo o tomando nota de un cierto aspecto. (Méndez, 2004, p. 5-6.)

En la aplicación de los Excale, la población de interés está formada por los alumnos de la República Mexicana inscritos en las escuelas de educación básica del país.

Es substancial aclarar que, si bien es posible ubicar a los alumnos agrupados en escuelas, la población de interés sigue siendo la población de alumnos; las escuelas sólo proporcionan una conveniente forma de estructurar la colección de estudiantes.

Hay escuelas que pueden excluirse de la población a muestrear para el estudio, por poseer características fuera de los objetivos del INEE; por ejemplo: en secundaria se excluyen del estudio las escuelas para trabajadores. En el año 2005, por ejemplo, se aplicaron los Excale en los grados 6° y 3° de primaria y secundaria, respectivamente. Así, las poblaciones de interés fueron los alumnos de las escuelas de México en estos grados, excluyendo ciertos casos, como el de escuelas secundarias para trabajadores.

2 MARCO MUESTRAL

El marco muestral es el medio físico que identifica a los elementos de la población. (Méndez, 2004, p. 6-10) En este caso, el marco de muestreo se construye con base en alguna lista de escuelas que contienen a la población de interés. En 2005, para los grados aplicados el marco de muestreo fue el CD de la estadística educativa de la Dirección General de Programación, Planeación y Presupuesto (DGPPyP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP), que contiene la lista de todas las escuelas primarias y secundarias del país, con datos de identificación y de descripción. Los datos de identificación se refieren al nombre de la escuela, el domicilio, el turno y otros, mientras que los datos de descripción se refieren a las cantidades de alumnos que hay en cada grado escolar, el número de docentes que laboran en la escuela por cada grado, y más.

3 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO MUESTRAL

El diseño de muestreo más común es el aleatorio simple (MAS), que consiste en elegir una muestra de modo tal que cada elemento tenga la misma probabilidad de pertenecer a ella, sin embargo en evaluación educativa no es muy usado ni muy recomendable porque es más costoso que un muestreo que considere la agrupación de alumnos en escuelas.

En encuestas de medición educativa suelen usarse más bien muestreos complejos, que consisten en la combinación de más de un tipo de muestreo; por ejemplo, un muestreo en dos subpoblaciones (estratos), y aleatorio simple en cada una de las subpoblaciones.

El diseño muestral de los Excale es complejo porque se estratifica, al menos para las entidades, además de que se considera la agrupación de los alumnos en escuelas (en muestreo se llamaría a las escuelas “conglomerados”), y tiene las siguientes características.

Probabilístico: Significa que cada elemento de la población tiene probabilidad conocida y mayor que cero de pertenecer a la muestra, lo cual permite conocer la precisión de las características que se estiman. (Kish, 1965, p. 20; Cochran, 1977, p. 9.)

Si se eligiera una muestra por designación a juicio, muy seguramente estaría sesgada y no representaría a la población, es decir, no sería válido hacer inferencias a partir de esta muestra para la población de interés.

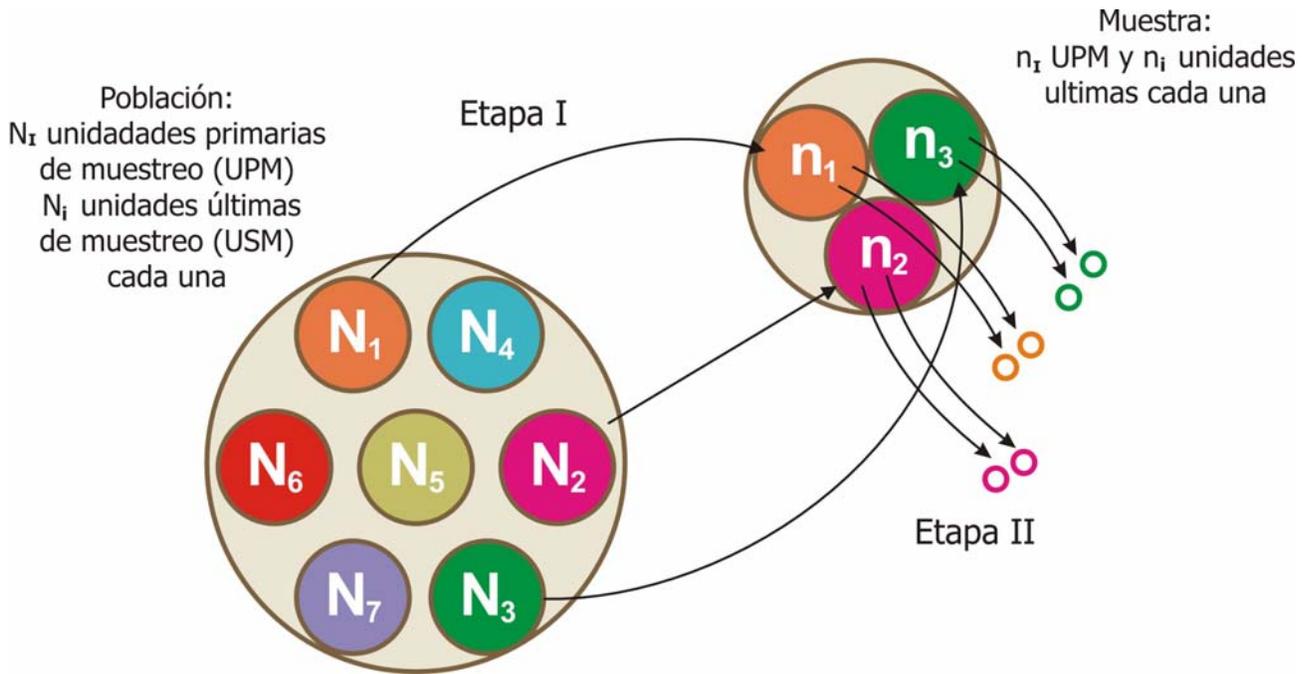
Estratificado con dominios de estudio: Estratificar consiste en subdividir la población en conjuntos, de cada uno de los cuales se tomará una muestra, a fin de lograr mayor precisión y para reportar resultados en algunas de esas subpoblaciones. Tales subpoblaciones son los dominios de estudio, definidos como los estratos con suficiente tamaño de muestra para reportar los resultados en ese nivel. (Kish, 1965, p. 77, 97-98, 192-193; Cochran, 1977, p. 34.)

Un ejemplo de estratificación es dividir al país en las entidades federativas, y si se pretende reportar la información obtenida para una cierta entidad, esta entidad es considerada dominio de estudio.

Bietápico: Consiste en designar la muestra en dos etapas; en la primera se seleccionan las unidades primarias de muestreo (UPM), en este caso escuelas, y en la segunda, dentro de las UPM, se eligen las unidades últimas de muestreo (UUM), es decir, alumnos (Méndez, 2004, p. 63-69; Särndal, 1992, p. 133-144.)

Para ejemplificar un muestreo bietápico imaginemos el siguiente caso: se quiere conocer la proporción de viviendas que cuentan con teléfono en el estado de Morelos. En una primera etapa de muestreo se eligen Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB), que son subdivisiones de las entidades. Posteriormente, en una segunda etapa de muestreo se selecciona un cierto número de viviendas dentro de cada AGEb, y entonces, una vez que se obtiene esta muestra de viviendas se observa cuáles tienen teléfono y cuáles no.

La figura siguiente ejemplifica gráficamente un muestreo bietápico.



Se tienen las unidades últimas de muestreo agrupadas en las unidades primarias de muestreo, en la parte izquierda de la figura, y se nomina una muestra de estas unidades primarias, eligiendo dentro de ellas una cantidad menor o igual de elementos de muestreo.

4 ESTRATOS Y DOMINIOS DE ESTUDIO

Como ya se mencionó, el muestreo estratificado es útil (Cochran, 1977, p. 99-103; Sharon, 1999, p. 93-94; y Sukhatme, 1984, p. 116.) cuando se cuenta con una población dividida de modo que las subpoblaciones son similares a su interior, es decir, disminuye la heterogeneidad en las poblaciones y por ende aumenta la exactitud de la característica que se mide. Esta división en dos poblaciones puede ya estar determinada y servir para el fin o bien ser construida *ex profeso*; en cualquier caso, mientras en las subpoblaciones disminuya la heterogeneidad en comparación con la población, se logrará medir de manera más precisa ese aspecto de interés en la población.

Otra de las razones por las que se usa muestreo estratificado es por conveniencia y flexibilidad. Por ejemplo, si hay escuelas que dependan de un organismo, puede ser más eficiente considerar este conjunto de escuelas como un estrato porque quizá se pueda conseguir información más completa directamente con este organismo. Otro ejemplo que nos muestra porqué podría ser conveniente estratificar, además de considerar dominios de estudio, es cuando se desee saber si hay diferencia entre los alumnos que asisten a un tipo de escuela y a otro.

Para ejemplificar la diferencia entre un dominio de estudio y un estrato, considérese el siguiente caso: se toma una división de las escuelas a nivel nacional en dos tipos, privadas y públicas; estas últimas, a su vez, se dividen en escuelas urbanas y rurales.

Escuelas	
Privadas	
Públicas	Urbanas
	Rurales

De la subdivisión de la población se observa que se tienen tres estratos: privadas, públicas urbanas y públicas rurales.

Sin embargo, se desea obtener resultados que puedan ser reportados para las escuelas privadas y las públicas (no públicas urbanas o rurales), es decir, se requieren resultados confiables, representativos y que puedan ser generalizados a todas las escuelas privadas y públicas, así que las escuelas privadas y las públicas se consideran dominios de estudio, pero las escuelas públicas rurales sólo son estratos, al igual que las escuelas públicas urbanas.

Se describen como un ejemplo de estratificación los estratos considerados para las poblaciones de primaria y secundaria, así como los dominios de estudio de los exámenes Excale 2005. Si para años posteriores hay cambios en los objetivos de la encuesta que modifiquen los estratos, es preciso actualizar el diseño muestral.

La división de la población en primaria y en secundaria se realizó a partir del tipo de escuela y de la entidad federativa. Cada estrato está formado por las distintas combinaciones del tipo escuela-entidad federativa.

Se entiende, en el caso de Excale 2005, por tipo o modalidad de escuela los siguientes casos.

Primaria		Secundaria	
Públicas	Desconocidas	Públicas	Generales
	Urbanas		Técnicas
	Rurales		Telesecundarias
Privadas	Desconocidas	Privadas	Generales
	Urbanas		Técnicas
	Rurales		Telesecundarias
De educación indígena	Desconocidas		
	Urbanas		
	Rurales		

Para los Excale 2005 de primaria, el criterio para considerar dominios de estudio a los estratos al interior de cada entidad federativa, fue que dicho estrato tuviera al menos el 5% de la población total de alumnos de la entidad. Para los Excale 2005 de secundaria, el porcentaje del criterio fue del 15% para las escuelas públicas y el 7% para las privadas. Conviene aclarar que todas las entidades son dominios de estudio. Por decisión del INEE otros estratos se consideraron, dominios de estudio a pesar de no cumplir con las reglas mencionadas.

5 TAMAÑO DE MUESTRA

Una de las etapas del diseño muestral es el cálculo del tamaño de la muestra (Cochran, 1977, p. 72-88; Méndez, 2004, p. 45-47; y Sharon, 1999, p. 39-42), ésta se lleva a cabo considerando el objetivo de la encuesta de muestreo y la precisión con la que se pretende medir la característica en la muestra.

Existen varios indicadores de la eficiencia del diseño muestral que a su vez proporcionan información sobre el tamaño de muestra adecuado para una población, como el coeficiente de homogeneidad y el efecto de diseño (Deff).

El coeficiente de homogeneidad (Särndal, 1992, p. 130) es una medida de la similitud que tienen los grupos o conglomerados (escuelas en este caso) que se muestrean. Así, entre más homogéneas sean las escuelas se requerirá mayor tamaño de muestra.

El efecto de diseño (Cochran, 1977, p. 85; Kish, 1965, p. 257-259; Särndal, 1992, p. 53-54.) en muestreo, corresponde el cociente de la varianza del estimador, considerando el diseño muestral usado y la varianza del estimador calculada como si el diseño muestral fuera aleatorio simple.

Primeramente se exponen los conceptos mencionados como indicadores *a posteriori* sobre el diseño muestral y el tamaño de muestra, y enseguida se especifica la manera de calcular el tamaño de muestra para un estudio.

5.1 Coeficiente de homogeneidad al interior de las escuelas

Para levantamientos de datos posteriores se pueden analizar medidas o coeficientes de homogeneidad al interior de conglomerados, en este caso las escuelas, los cuales sirven para medir la eficiencia de un muestreo por conglomerados.

A medida que el coeficiente aumenta, el diseño muestral para un tamaño de muestra fijo se vuelve menos eficiente, en otras palabras, para obtener niveles de precisión equivalentes el tamaño de muestra tendría que incrementarse a medida que el coeficiente se incrementa. Por ello es deseable que el coeficiente de homogeneidad sea pequeño.

Sin embargo, en la práctica las escuelas se parecen al interior por características inherentes a las mismas, pero son similares entre sí en cada uno de los estratos. En resumen, por un lado se gana precisión al estratificar, pero por otro se pierde al considerar conglomerados.

Uno de los coeficientes para medir la homogeneidad dentro de las escuelas es:

$$\delta = 1 - \frac{S_{yW}^2}{S_{yU}^2}$$

Donde:

$$S_{yW}^2 = \frac{1}{N - N_I} \sum_{U_i} \sum_{U_i} (Y_k - \bar{Y}_{U_i})^2,$$

$$S_{yU}^2 = \frac{1}{N - 1} \sum_U (Y_k - \bar{Y})^2,$$

U_i = está formado por todos los alumnos en una escuela i

U_I = está formado por todas las escuelas en la población

\bar{Y} = es la media poblacional

\bar{Y}_{U_i} = es la media correspondiente a todos los alumnos en una escuela i

N = Número total de alumnos en la población

N_I = Número total de escuelas en la población

El coeficiente de homogeneidad δ satisface

$$-\frac{N_I - 1}{N - N_I} \leq \delta \leq 1$$

Es útil para comparar la eficacia del muestreo por conglomerados y muestreo aleatorio simple; podría resumirse como sigue:

- Si $0 < \delta \leq 1$ la precisión del muestreo por conglomerados es inferior a la del muestreo aleatorio simple.
- Si $\delta = 0$ la precisión del muestreo por conglomerados es igual a la del muestreo aleatorio simple.
- Si $-\frac{N_I - 1}{N - N_I} \leq \delta < 0$ la precisión del muestreo por conglomerados es superior a la del muestreo aleatorio simple.

El coeficiente de homogeneidad está definido para la población. Para las estimaciones de la población con base en la muestra es necesario estimar los valores pertinentes, como las medias en cada escuela y la media global.

5.2 Deff

Una vez obtenidos los estimadores de la población, es conveniente calcular el efecto de diseño (Deff) en cada uno de los estratos para verificar la eficiencia del diseño muestral y los tamaños adecuados de muestra, sobre todo en los dominios de estudios.

El Deff proporciona una medida de la precisión que se ha ganado por el uso del diseño muestral en cuestión, en comparación con un diseño muestral aleatorio simple.

El Deff es el cociente de las varianzas de un estimador (media por ejemplo) bajo el diseño muestral usado y considerando el muestreo como aleatorio simple.

El Deff en muestreos estratificados es menor que 1 si se estratifica de manera adecuada, esto es, las subpoblaciones en las que se divide son lo más parecidas a su interior y lo más diferentes entre ellas; mientras que en un diseño donde sólo se toman algunos grupos (conglomerados), como en este caso que se seleccionan solamente algunas escuelas, el Deff siempre es mayor que 1.

Como en el diseño muestral usado, se seleccionan sólo algunas escuelas, pero por otro lado también se estratifica; no es claro qué magnitud va a tener el Deff y es relevante observar cuánto se ha ganado con respecto a un diseño muestral aleatorio simple.

Los tamaños de muestra se pueden fijar a juicio del experto o con base en información preliminar, tal vez de una encuesta anterior o de una muestra piloto para la misma característica, o una similar.

En Excale 2005 como en algunas encuestas por muestreo de evaluación educativa, las cuotas de alumnos se fijaron a juicio de expertos en muestreo y en evaluación educativa, con base en su experiencia. Se consideraron las siguientes cuotas:

1. Nacional: 6 000 alumnos
2. Modalidades (a nivel nacional): 3 000 alumnos
3. Entidades: 1 000 alumnos
4. Modalidades dentro de las entidades: 500 alumnos

Estas cuotas de Excale 2005 fueron preliminares: estos datos cambiaron a la hora de ajustar tamaños de muestra para dominios.

Para evaluaciones posteriores, con base en EXCALE 2005, se puede actualizar el tamaño de muestra usando la información del levantamiento anterior.

Primeramente se calcula el tamaño de muestra para un muestreo aleatorio simple (MAS) y posteriormente se corrige por el efecto de diseño (Kish, 1995) y por la no respuesta para adecuarlo al tipo de muestreo que se va a usar, así como a las particularidades de la población como la no respuesta, si es que se sabe de qué magnitud es ésta.

Tamaño de muestra para un MAS (Cochran, 1977, p. 72-88; Méndez, 2004, p. 45-47).

$$n_{m.a.s.} = \frac{\left(\frac{tS_{yU}}{d}\right)^2}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{tS_{yU}}{d}\right)^2} \approx \left(\frac{tS_{yU}}{d}\right)^2$$

$$n_{m.a.s.} = \frac{\left(\frac{tS_{yU}}{r\bar{Y}}\right)^2}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{tS_{yU}}{r\bar{Y}}\right)^2} \approx \left(\frac{tS_{yU}}{r\bar{Y}}\right)^2$$

Donde:

$n_{m.a.s.}$ = Tamaño de muestra bajo el supuesto de que el muestreo es aleatorio simple

t = Cuantil de una distribución gaussiana (0,1) que acumula $(1-\alpha/2) \times 100\%$

α = Nivel de significancia (confianza), usualmente $\alpha=0.05$

\bar{Y} = Media poblacional, se estima de una encuesta anterior o de una muestra piloto

N = Tamaño de la población

S_{yU} = Desviación estándar poblacional, se estima de una encuesta anterior o de una piloto

r = Error relativo respecto a la media poblacional

d = Error absoluto respecto a la media poblacional

Al fijar el error absoluto o el error relativo se determina la precisión con la cual se va a medir la característica en la población. Entre mayor error sea permitido, menor tamaño de muestra se va a requerir. Además, con el nivel de significancia se decide cuál es la probabilidad con la que se asegura que se tendrá esa precisión.

Dependiendo del tipo de error que se desee controlar se decide la fórmula a utilizar. En la primera fórmula se controla el error absoluto y en la segunda el error relativo. Haciendo uso de las expresiones, anteriores se puede calcular el tamaño de muestra definitivo.

$$n_{comp} = \frac{n_{m.a.s.} * deff}{1 - TNR}$$

Donde:

n_{comp} = Tamaño de muestra bajo el diseño muestral complejo seleccionado

TNR = Tasa de No Respuesta

$$deff = \frac{\hat{V}_{comp}(\hat{Y})}{\hat{V}_{m.a.s.}(\hat{Y})}, \text{ efecto del diseño estimado}$$

$\hat{V}_{m.a.s.}(\hat{Y})$ = Varianza del estimador de la media poblacional, \bar{Y} , bajo muestreo aleatorio simple

$\hat{V}_{comp}(\hat{Y})$ = Varianza del estimador de la media poblacional, \bar{Y} , bajo el diseño muestral seleccionado

5.3 Tamaño de muestra por estrato (n_h)

Una vez que se dispone de una población con un número fijo de estratos (por ejemplo, H estratos), es necesario determinar cómo distribuir el tamaño de muestra en cada uno de éstos, n_h , para $h=1, \dots, H$. (Cochran, 1977, p. 96-99; Méndez, 2004, p. 57-62). Existen distintos métodos que permiten obtener estos valores:

Por ejemplo, en Excale 2005 se usó una variación de asignación proporcional —asignación proporcional cuidando los tamaños de los dominios de estudio— para distribuir el tamaño de muestra en los estratos. No obstante, en años posteriores podría usarse asignación óptima.

5.4 Asignación óptima o de asignación Neyman

$$n_h = n \frac{N_h S_{yU_h}}{\sum_{h=1}^H N_h S_{yU_h}}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N_h = Total de alumnos en el estrato h

\bar{Y}_{U_h} = media poblacional en el estrato h, se estima

$S_{yU_h}^2 = \frac{1}{N_h - 1} \sum_{U_h} (Y_k - \bar{Y}_{U_h})^2$, desviación estándar poblacional en el estrato h, se estima

$h = 1, \dots, H$

Se usa este tipo de distribución de la muestra cuando se tiene información de una encuesta anterior o de una muestra piloto, con el fin de garantizar que en los estratos donde se tiene mayor variabilidad se asigne también mayor cantidad de unidades de muestreo, para lograr la misma precisión en todos los estratos o dominios de estudio, según sea el caso.

5.5 Asignación proporcional

En este caso, el tamaño de muestra en cada estrato está dado por:

$$n_h = n \left(\frac{N_h}{N} \right)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N_h = Total de alumnos en el estrato h

N = Total de alumnos en la población

La asignación proporcional de la muestra se usa para garantizar que donde haya más población se tenga mayor tamaño de muestra. En general se usa cuando no se cuenta con información preliminar de la variabilidad de los datos o cuando *a priori* se sabe que en estratos más grandes las varianzas son también de mayor magnitud.

6 SELECCIÓN DE ESCUELAS

En la primera etapa del muestreo se seleccionan escuelas con un diseño muestral proporcional al tamaño (PPT) y sistemático. (Kish, 1965, p. 234-247; Raj, 1980, p. 65; Särndal, 1992, p. 96-97). El diseño de muestreo PPT posee la particularidad de que la probabilidad de selección de una escuela es proporcional a la cantidad de alumnos de la misma; de este modo, escuelas grandes tienen mayor probabilidad de pertenecer a la muestra. El muestro sistemático consiste en elegir los elementos de la muestra a partir de un orden establecido, cada cierto número de unidades.

En evaluación educativa los conglomerados son escuelas, así que se usa el término particular de escuelas en lugar del genérico.

Probabilidad de selección de la escuela i del estrato h ,

$$\Pi_{hi} = \text{Min} \left[1, \frac{N_{hi} n_{lh}}{N_h} \right]$$

Donde:

N_{hi} = Cantidad de alumnos en la escuela i del estrato h

N_h = Cantidad de alumnos en la población del estrato h

n_{lh} = Cantidad de escuelas en la muestra del estrato h

H = Cantidad de estratos en la población

$i = 1, \dots, N_{lh}$

$h = 1, \dots, H$

6.1 Procedimiento para elegir las escuelas en la primera etapa de muestreo

El método requiere obtener un intervalo de muestreo para cada estrato. Para poder obtenerlo se necesita:

1. Una medida de tamaño total de las escuelas, lo cual se refiere a la cantidad total de alumnos en cada estrato, N_h .
2. Proporcionar el número de escuelas, n_{lh} , que se van a muestrear en cada estrato.
3. Calcular el intervalo de muestreo, I_h , como $I_h = \frac{N_h}{n_{lh}}$.

Una vez generado el intervalo o salto de muestreo, se procede a obtener la muestra en cada estrato de la siguiente forma:

1. Generar un número aleatorio, R_{hi} , entre cero y uno en cada estrato.
2. Ordenar las escuelas de acuerdo a su tamaño.

3. Para obtener el primer valor de selección, se debe multiplicar el número aleatorio obtenido en el paso 1 por el intervalo de muestreo correspondiente. La escuela que contenga el primer estudiante numerado con un valor mayor al de selección, es una escuela elegida en la muestra.
4. El segundo número de selección se obtiene al sumar al primer número de selección correspondiente el valor de I_h . Nuevamente sirve para identificar a la segunda escuela que se va a muestrear, que es la escuela que contenga el primer estudiante numerado con un valor mayor a este segundo número de selección.
5. Se continúa añadiendo el intervalo de muestreo, I_h , a los números de selección obtenidos previamente para obtener en cada paso el siguiente número de selección y, como consecuencia, la siguiente escuela que se va a muestrear.
6. Continuar el proceso hasta que se complete el número de escuelas n_h , que se requieren muestrear en cada estrato.

Ejemplo de selección de escuelas

En un estrato se tienen 400 alumnos distribuidos en 10 escuelas, de las cuales se desea obtener una muestra de cuatro.

Entonces $N_h = 400$, $n_h = 4$ e $I_h = 100$

Supóngase que el primer número aleatorio generado $R_h = 0.452$, entonces el primer número de selección sería $(0.452) \times (100) = 45.2$

El siguiente número de selección resulta de sumar a I_h el número anterior, es decir $45.2 + 100 = 145.2$

De forma similar se obtienen el tercer y el cuarto número de selección, que son 245.2 y 345.2, respectivamente.

A continuación, una vez ordenadas las escuelas de acuerdo a su tamaño, se eligen cada una de las cuatro escuelas en muestra. La primera escuela es aquella en la cual se encuentra el primer alumno numerado con un valor mayor a 45.2, y de forma similar se pueden elegir las demás escuelas.

Escuela	Tamaño de la escuela	Del N° de estudiante	Al N° de estudiante	Muestra
1	10	1	10	No
2	15	11	25	No
3	18	26	43	No
4	25	44	68	Sí
5	32	69	100	No
6	35	101	135	No
7	41	136	176	Sí
8	45	177	221	No
9	79	222	300	Sí
10	100	301	400	Sí

6.2 Validación y reemplazo de escuelas

Una de las mayores preocupaciones de cualquier estudio en donde se recolecte información mediante encuestas es la pérdida de información. Esta pérdida se traduce en una menor precisión en los estimadores de la población o en la introducción de sesgo si la pérdida de información tiene una relación constante con el aspecto que se mide.

Con la finalidad de no perder precisión en los resultados que el INEE divulgue, las escuelas que no puedan participar deben ser sustituidas por escuelas *equivalentes* desde el punto de vista del diseño muestral. Esto se lleva a cabo siempre y cuando la causa de su no participación sea ocasionada por factores fortuitos y no se observen patrones de comportamiento asociados al logro escolar, el cual toma un papel protagónico en el estudio sobre las otras variables que serán levantadas en la aplicación.

A la par de la selección de escuelas de la muestra, se elabora un listado de escuelas que sirven para sustituir a las faltantes. Específicamente, para cada estrato muestral se debe contar con un listado ordenado de escuelas, las cuales se toman en la secuencia en la que aparecen.

Debido a que el marco muestral de escuelas participantes se construye a partir de la estadística oficial del ciclo escolar anterior, es necesaria la validación de la muestra, lo cual consiste esencialmente en verificar la permanencia de la escuela así como confirmar la existencia de alumnos en el grado a evaluar.

Una vez que se dispone de la muestra, se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Se envía el listado de escuelas seleccionadas a las áreas estatales de evaluación en las entidades federativas, mediante la Dirección de Relaciones Nacionales y Logística del INEE, adjuntando las especificaciones de la validación. Se verifica que las escuelas permanezcan abiertas y se actualiza el registro con la cantidad de alumnos, docentes y demás aspectos que se consideren importantes.
2. Una vez que las áreas estatales de evaluación notifican sobre las escuelas que necesitan ser reemplazadas, se les envía un nuevo listado con las escuelas sustitutas para que éste a su vez sea validado. La administración de los listados de escuelas sustitutas se realiza exclusivamente por personal del INEE para evitar sustituciones innecesarias que provocarían sesgos. Es importante conocer la causa de la no participación para así tomar la decisión de reemplazarla o no.

6.3 Causas por las que pueden sustituirse escuelas

A continuación se listan las causas por las cuales se reemplazan escuelas:

1. La escuela está cerrada.
2. No hay alumnos del grado a evaluar en la escuela
3. Los alumnos tienen actividades fuera de la escuela el día de la evaluación, las cuales se programaron antes de que fueran notificadas de su participación en la aplicación de las pruebas.
4. Hay paro de labores en la escuela.
5. Las actividades de la escuela están suspendidas temporalmente por factores ajenos a ella como fiestas patronales, desastres naturales, situaciones de emergencia, etcétera.
6. Reuniones sindicales.

Si el personal directivo se niega a que su escuela participe, se deben agotar todos los recursos para convencerlos, incluyendo como última instancia la petición directa del INEE. En el caso de las escuelas con difícil acceso, igualmente se deben hacer los esfuerzos necesarios para llegar a ellas debido a que su propia marginación puede ser un factor determinante en la evaluación del rendimiento de los alumnos.

Puede ser que en algunas escuelas elegidas de la muestra solamente asistan uno o dos alumnos del grado que se pretende evaluar y que debido a ello se tenga la tentación de sustituirlas. Estas escuelas **NO** deben ser sustituidas debido a que el diseño muestral considera el tamaño de las escuelas en la selección de las mismas.

6.4 Procedimiento para selección de escuelas suplentes

La selección de las escuelas suplentes se realiza mediante un muestreo del mismo tipo al definido para la muestra de Excale, sólo excluyendo del marco muestral a las escuelas pertenecientes a la muestra original y además con la diferencia de que se seleccionan las escuelas suplentes una por una, etiquetando conforme se seleccionan; es decir, se elige la primera y se etiquetó con 1, la segunda con 2 y así sucesivamente.

El uso de las escuelas de reemplazo se lleva a cabo con base en la numeración de las escuelas para cada estrato, esto es, una vez que se ha visto que una, dos o n cantidad de escuelas no participarán en la aplicación de los Excale y que cae(n) dentro de las reglas especificadas para sustituir escuelas, se reemplazan con las escuelas numeradas hasta 1, 2 ó n , según el caso.

Es importante aclarar que no existe una lista de escuelas de reemplazo asociada a cada una de las escuelas de la muestra, sino una lista de escuelas de reemplazo por cada estrato para el conjunto de escuelas que necesiten ser reemplazadas.

7 SELECCIÓN DE ALUMNOS

En la segunda etapa de muestreo se eligen alumnos dentro de las escuelas seleccionadas en la primera etapa, bajo un muestreo aleatorio simple (ver anexo E).

Probabilidad de selección de un alumno j perteneciente a la escuela i del estrato h

$$\Pi_{h_j|i} = \frac{n_{hi}}{N_{hi}}$$

Probabilidad de selección de un alumno j del estrato h

$$\Pi_{hj} = \Pi_{hi} \Pi_{h_j|i}$$

Donde:

$$\Pi_{hi} = \text{Min} \left[1, \frac{N_{hi} n_{lh}}{N_h} \right] \text{ probabilidad de selección de la escuela } i \text{ del estrato } h$$

n_{hi} = Cantidad de alumnos a seleccionar en la escuela i , seleccionada en la primera etapa, del estrato h

N_{hi} = Cantidad de alumnos en la escuela i del estrato h

N_h = Cantidad de alumnos en la población del estrato h

n_{lh} = Cantidad de escuelas en la muestra del estrato h

H = Cantidad de estratos en la población

i = 1, ..., N_{lh}

j = 1, ..., N_{hi}

h = 1, ..., H

Como ejemplo de selección de alumnos, en el levantamiento de datos de Excale 2005 se tomó cuota constante de alumnos en las escuelas del mismo estrato, estas cuotas fueron diferentes para los estratos debido a las diferencias en los tamaños de las escuelas. Por ejemplo, en escuelas generales y técnicas se seleccionaron 30 alumnos, mientras que en escuelas telesecundarias 15 alumnos y en privadas 20 alumnos.

7.1 Procedimiento para asignar las cuotas de muestreo de alumnos

Una vez definidos los dominios de estudio y fijadas las cantidades de alumnos requeridas para cada uno de ellos, se procede a calcular los tamaños de muestra de alumnos. El procedimiento a usar es proporcional a la cantidad de alumnos.

1. Se distribuye la cuota de alumnos, 6 000 por ejemplo, en los estratos muestrales, de forma proporcional a la cantidad de alumnos en cada estrato.

2. Enseguida se distribuye en las entidades, proporcionalmente a la cantidad de alumnos, la cuota para cada modalidad —3 000 en el ejemplo— en los dominios de estudio nacionales, y se toma el máximo entre este nuevo dato y el anterior.
3. Ahora, la cuota de alumnos para cada entidad —1 000— se reparte de forma análoga y se calcula nuevamente el máximo entre el dato nuevo y el anterior.
4. Finalmente, se toma el máximo entre la tabla anterior y la cuota para los dominios estatales —500—.

Ejemplo de distribución de cuota de alumnos en una muestra.

Una población de 26 500 alumnos se encuentra distribuida en cuatro entidades y dos modalidades (Ver anexo A).

Se planea distribuir la muestra con al menos 600 alumnos a nivel nacional, 300 a nivel modalidad nacional, 100 a nivel estatal y 50 a nivel modalidad dentro de la entidad.

Se ejemplifica el procedimiento descrito para la entidad 3 modalidad 1. Al realizar la distribución a nivel nacional de 600 alumnos se obtienen 45 alumnos, este valor se obtiene al efectuar la operación $(2000/26500)*600$ en donde 2 000 es el tamaño de la población en la entidad 3 modalidad 1.

En el siguiente paso, que corresponde a la distribución de la población en las modalidades, quedan otra vez 45 alumnos, y a partir este resultado corresponde realizar el siguiente cálculo: máximo $(45, [2000/24000]*300)$, donde 24 000 corresponde al total de alumnos en la modalidad 1.

De forma análoga, se reparte la cuota de 100 alumnos a nivel estatal, y en este paso la distribución de la cuota sube a 91 alumnos, la cual ya es la cuota definitiva para este estrato, pues ya se cubre la cuota de 50 alumnos en esta categoría.

8

PESOS MUESTRALES O FACTORES DE EXPANSIÓN

Los pesos muestrales o factores de expansión son ponderadores (Kalton, 1983, p.69; Särndal, 1992, p. 42; Sharon, 1999, p. 223-227), a causa de la variabilidad de las probabilidades de selección de cada unidad de muestreo, asociados a los datos.

Estos factores de expansión son inversamente proporcionales a las probabilidades de selección de las unidades de muestreo y son necesarios para garantizar la confiabilidad de los resultados.

8.1 Alumnos

Así para los alumnos, los pesos muestrales por estrato son:

$$w_{hj} = \frac{1}{\pi_{hj}}$$

Donde:

p_{hj} = Probabilidad de selección del alumno j del estrato h

$j = 1, \dots, N_{hi}$

$h = 1, \dots, H$

El factor de expansión se puede interpretar como la cantidad de alumnos de la población que representa un estudiante de la muestra.

Bajo el diseño muestral descrito, si el número de alumnos seleccionado en cada escuela es constante en el estrato, la suma de los pesos finales corresponde al total de alumnos en la población; sin embargo, la suma de los pesos muestrales de las escuelas no corresponde a la cantidad de escuelas en la población, aunque al usar muestreo PPT sistemático en la primera etapa esta diferencia se reduce.

No es deseable que los pesos muestrales varíen demasiado entre escuelas ni entre alumnos, porque esto aumenta la variabilidad de los datos y por ende reduce la confiabilidad de los estimadores.

Los pesos muestrales pueden variar a causa de las siguientes manifestaciones:

1. **Sobremuestreo o submuestreo en algún estrato:** Si se asigna proporcionalmente la cantidad de escuelas a encuestar y un dominio de estudio tiene una proporción de población muy pequeña, en ese conjunto la muestra se aumenta. Por ejemplo, en el caso mencionado en la sección 4, si las escuelas privadas son el 7% de la población y las públicas el 93%, en el momento de asignar el tamaño de muestra, seguramente no sería suficiente si se realizara por asignación proporcional, de modo que necesitaría determinar mayor tamaño de muestra para el dominio de escuelas privadas y así los factores de expansión serían mayores en privadas porque estarían representando a menos alumnos que en escuelas públicas.

2. **Información incompleta o inexacta en el tamaño de escuela:** En algunos estratos no se cuenta o no está actualizada la cantidad de alumnos.
3. **Corrección por no respuesta:** Es factible que no se pueda recolectar la información planeada para alumnos dentro de una escuela o incluso que no se aplique la prueba en toda la escuela, así que se corrigen los pesos muestrales mediante factores.

Cuando los factores de expansión son iguales para todas las unidades de muestreo se dice que se tiene un diseño muestral autoponderado, esto es consecuencia de que las probabilidades de selección sean las mismas para todos los alumnos. En este caso el diseño sería autoponderado por estrato si n_{hi} es constante y si no hay correcciones por no respuesta.

Los diseños muestrales autoponderados son convenientes debido a que los análisis realizados con los datos son más simples porque no es necesario usar los factores de expansión.

8.2 Directores y docentes

No se debe perder de vista que el objetivo primordial y para el cual se diseña la muestra es para aplicar exámenes y cuestionarios a los estudiantes de las escuelas primarias y secundarias; sin embargo, se recolecta información de contexto para los alumnos en relación a su entorno como información referente a la escuela, a sus docentes y a su director.

La pregunta es, dado que los resultados de los alumnos deben ponderarse a causa de que se tiene un diseño muestral complejo, ¿se pondera también la información de los docentes y de los directores? La respuesta es sí. No pueden ser los mismos ponderadores que para alumnos, sobre todo si se obedece a la definición del factor de expansión como el inverso de la probabilidad de selección, pero sí hay un peso muestral asociado.

Así que los factores de expansión, tanto para directores como para docentes, son los factores de expansión de las escuelas. Esto es porque en la selección de docentes se considera a todos los maestros (no se elige muestra) de los grados que se esté evaluando de las escuelas en muestra. Similarmente, en la muestra de directores se considera a cada uno de los directores de las escuelas en muestra. Es decir, el factor de expansión para un docente o director i , dentro de un estrato h es:

$$w_{hi} = \frac{1}{\Pi_{hi}}$$

Donde:

$$\Pi_{hi} = \text{Min} \left[1, \frac{N_{hi}n_{lh}}{N_h} \right] \text{ probabilidad de selección de un docente o director } i \text{ del estrato } h, \text{ con}$$

N_{hi} = Cantidad de alumnos en la escuela i del estrato h

N_h = Cantidad de alumnos en la población del estrato h

n_{lh} = Cantidad de escuelas en la muestra del estrato h

i = 1, ..., N_{lh}

h = 1, ..., H

9 CORRECCIONES DE FACTORES DE EXPANSIÓN POR NO RESPUESTA

Como ya se mencionó, con un diseño muestral bietápico PPT sistemático en la primera etapa y con cuota fija en la segunda etapa se logra un diseño muestral autoponderado (pesos iguales para los alumnos); no obstante, puede haber variaciones en los pesos muestrales por varias razones, una de ellas es la no respuesta.

Por ejemplo, si en un estrato se tenía contemplado evaluar 18 escuelas, de las cuales sólo se logró llegar a 15 aun reemplazando donde fue adecuado; estas 15 escuelas deben representar el total de la población del estrato en lugar de las 18 que se planeaba, de este modo, las 15 escuelas tendrán mayor peso.

Los factores de corrección a nivel de escuelas están dados por Sharon. (1999, p. 263-265)

$$fc_{esc} = \frac{n_{planeada}}{n_{evaluada}}$$

Donde:

$n_{planeada}$ = Número de escuelas que se planeó para estar en la muestra

$n_{evaluada}$ = Número de escuelas a las que se pudo aplicar instrumentos de evaluación

Análogamente, al factor de corrección por no respuesta de escuelas se puede calcular un factor de corrección por no respuesta de alumnos, tal como sigue:

$$fc_{alu} = \frac{n_{planeada,al}}{n_{evaluada,al}}$$

Los factores de corrección por no respuesta mencionados se multiplican por el factor de expansión correspondiente, para obtener un factor de expansión definitivo. Para alumnos se multiplican ambos factores de corrección, pero para escuelas solamente el factor de corrección para escuelas.

Para datos de alumnos puede ignorarse el factor de corrección por no respuesta, dado que se logra mayor cobertura en esta etapa de muestreo debido a que la selección de alumnos se realiza una vez que se encuentra ubicado el aplicador en la escuela; esto es, no elegir previamente a los alumnos permite seleccionar la cantidad necesaria o la cantidad que se encuentra el día de la aplicación.

Un caso donde se necesitaría un factor de corrección sería si en una escuela pequeña se sabe que hay más alumnos de los presentes el día de la aplicación; sin embargo, tal corrección sería mínima para los estimadores totales, dado que las escuelas pequeñas pertenecen también a estratos muestrales con reducida proporción de alumnos y que no contribuyen, por ende, grandemente en los resultados sobre la población.

Es evidente que para calcular los factores de corrección por no respuesta de alumnos se requiere registrar en cada escuela la cantidad de alumnos inscritos en el grado, de modo que este es un aspecto que se debe considerar antes de realizar la aplicación para planearlo dentro de la logística de la misma.

10 COBERTURA DE LA MUESTRA

Es fundamental, una vez que se han aplicado las pruebas, analizar la tasa de participación que se ha tenido tanto de escuelas como de alumnos para garantizar la representatividad de la muestra. (Kish, 1965, p. 527-532).

La cobertura de la muestra de escuelas o de alumnos es el porcentaje de participación de las escuelas o los alumnos que se ha logrado en la aplicación. Se calculan tales porcentajes para cada dominio de estudio y entidad a fin de garantizar la validez de los resultados con base en esa muestra.

Con el antecedente de aplicación de pruebas anteriores, como el proyecto de Estándares Nacionales, se puede afirmar que es alcanzable que tanto el 95% de escuelas como de alumnos participantes en la evaluación de los Excale.

Ejemplo de cobertura de una muestra. Pruebas de Estándares Nacionales 2004

Estrato	Escuelas en muestra		Escuelas evaluadas	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
UP	913	26%	906	99%
RP	1162	33%	1100	95%
EI	776	22%	712	92%
CC	514	15%	292	57%
UPV	152	4%	140	92%
Total	3517	100%	3150	90%

Para las Pruebas de Estándares Nacionales 2004, y los años anteriores de las mismas, no se realizaron cálculos de la cobertura de alumnos; sin embargo, dado que no se prevee listado de alumnos para la aplicación sino hasta el momento de llegar a la escuela, la cobertura de alumnos es casi total y no es necesario ponderar los pesos muestrales tan mínimamente.

ANEXOS

Anexo I

Ejemplo de asignación de tamaños de muestra en estratos

	Distribución de la población		
	Modalidad 1	Modalidad 2	Nacional
Entidad 1	4000	300	4300
Entidad 2	15000	900	15900
Entidad 3	2000	200	2200
Entidad 4	3000	1100	4100
	24000	2500	26500

PASO 1: Distribución de la cuota nacional 600

	Modalidad 1	Modalidad 2	Nacional
Entidad 1	91	7	97
Entidad 2	340	20	360
Entidad 3	45	5	50
Entidad 4	68	25	93
	543	57	600

PASO 2: Distribución de la cuota modalidad nacional 300

	Modalidad 1	Modalidad 2	Nacional
Entidad 1	91	36	127
Entidad 2	340	108	448
Entidad 3	45	24	69
Entidad 4	68	132	200
	300	300	843

PASO 3: Distribución de la cuota estatal 100

	Modalidad 1	Modalidad 2	Nacional
Entidad 1	93	36	100
Entidad 2	340	108	100
Entidad 3	91	24	100
Entidad 4	73	132	100
	597	300	897

PASO 4: Distribución de la cuota modalidad estatal 50

	Modalidad 1	Modalidad 2	Nacional
Entidad 1	93	36	129
Entidad 2	340	108	448
Entidad 3	91	24	115
Entidad 4	73	132	205
	597	300	897

Anexo II

Programas para asignar las cuotas de muestreo de alumnos

Los primeros dos programas son auxiliares en la presentación de los datos, no son indispensables para calcular los tamaños de muestra en cada estrato. Es el tercer programa donde se calculan las cantidades de alumnos a seleccionar en cada muestra de estrato. Las rutinas están elaboradas en el paquete estadístico s-plus.

Para ajustar las cantidades de alumnos a muestrear en cada estrato en el caso de primaria, se puede usar el programa elaborado para secundaria con los respectivos ajustes en las condiciones de la nueva población.

Crea un factor

```
# The data contain separate numeric and alphabetic codes for various
factors.

# This function determines an Splus factor
makefactor<-function( a,n)      # a has the alphabetic and n the number coding
{ an<- table(a,n)              # an is the crosstab, alphabetic in rows,
  numeric in columns
  nn<- dim(an)[[1]]             # get the number of rows in an
  if( nn!=dim(an)[[2]] )       # which must equal the number of columns
    { print("n!=a"); stop() }
                                # also each column must have exactly 1 non-zero
  entry
  if( !( prod( apply( an>0,1,sum ) == rep(1,nn) ) ) )
    { print("multiple");stop() }

  num<- as.numeric(dimnames(an)[[2]]) # num contains the numeric coding in
order
  nom<- as.vector(dimnames(an)[[1]]) # nom contains the alphabetic coding in
order
  alf<- vector("character",nn)      # alf will contain
  for(i in 1:nn) alf[i]<- paste(num[i], "-", # the corresponding alphabetic
codes
  nom[an[,i]>0], sep="") # with number prefixed with dash
  return( factor(n,level=num,lab=alf) ) # now create factors
}

#here are some tests, the last two should fail
atest<- c("a","b","c","b","b","a")
ntest<- c(5,4,3,4,4,5)
rbind(atest,ntest)
makefactor(atest,ntest)
paste( ntest,atest,sep="-")

atest<- c("a","b","c","b","b","a")
ntest<- c(5,4,3,4,4,6)
rbind(atest,ntest)
makefactor(atest,ntest)

atest<- c("a","b","c","b","b","a")
```

```
natest<- c(5,4,3,4,4,4)
rbind(atest,natest)
makefactor(atest,natest)
```

Crea una tabla de doble entrada con los tipos de escuela para secundaria

```
# tabulating source (sos) by service (serv)

mar<- marcos3 # using secondary grade 3 frame (marco means frame)
# tabulate modality by sector
mod<- mar$mod
sec<- mar$sec.fina

s3ms<- table(mod,sec) # now make table with factors

s3ms #look at it

s3msn3<- tapply (mar$alus3, list(mod, sec), sum ) #count up the number of
students
s3msn3[is.na(s3msn3)]<- 0 #set to zero those cells
with no schools
s3msn3 # and look at it
#these are exported to excel and printed
#from this a stratification is determined

#sec is stratified 1 public, 2 private
#mod is stratified 32,35 ignored, 31 general, 34 technical, 33 telesecondary
# The following do the remapping and checking

secremap<- merge.levels(sec, c(1,2)) #remap the source (sos)
levels(secremap)<- c("Public","Private") #and give new labels
table(secremap) #check that

modremap<- merge.levels( factor(mod), c(2,1,4,3,1) ) #remap the services
(serv)
levels(modremap)<- c("Ignore","General","Technical","Telesecondary") #new
labels
table(modremap) #check that

checktable<- table( paste(secremap,sec),paste(modremap,mod) ) # check the new
crosstab
checktable
# Now the crosstab of source and service as remapped is made
s3msremap<- table( secremap,modremap) #crosstab the remapped sos and serv
s3msremap
s3msn3remap<- tapply( mar$alus3,list(secremap,modremap), sum) #add up the
sec3 students
```

```

s3msn3remap[is.na(s3msn3remap)]<- 0
s3msn3remap

  # Make up a new stratification code, 1 for ignore, 2-3-4, 5-6-7 for
  public/private
  # and General, Technical, Telesecondary

  strat<- as.numeric(secremap)*10+as.numeric(modremap) #use the numeric codes
  an form 2-digit version
  table(strat) # check that
  strat<- merge.levels( factor( strat ), c(1,2,3,4,1,5,6,7) ) #recode
s3st<-table(strat) #number of schools
s3st #check that

  tapply( as.numeric( strat ) ,list(secremap,modremap), mean) #further check
s3stn3<- tapply( mar$alus3,strat,sum) #number of students
s3stn3[is.na(s3stn3)]<- 0 # no double NA is possible
  logically, so set to 0

  # Those are exported to excel and printed
s3st
s3stn3

  # Now crosstab the sampling frame by state (ent.fed) and stratum
  # First fix the coding of Baja California. Numeric code 3 should be
  # Baja California Sur
table( mar$ent.fed )
table( mar$nom.ent )
tempname<- as.character( mar$nom.ent )
tempname[mar$ent.fed==3]<- "BAJA CALIFORNIA SUR"
  #make a factor out of the alphabetic and numeric codes for state
state<- makefactor( tempname, mar$ent.fed)
table(state) # check that

  #tabulate the schools and students for secondary 3rd grade, state by stratum
s3stst<-table(state,strat)
s3ststn3<- tapply( mar$alus3, list(state,strat), sum )
s3ststn3[is.na(s3ststn3)]<-0

#export to excel for printing
s3stst
s3ststn3

```

Asigna cuotas de muestreo en secundaria

```

# Programming for determining sampling quotas for secondary 3rd grade
# We start with tabulations of the schools and students for secondary 3rd
grade
# state by stratum from the processing3 script, which are defined as
follows:
# s3stst<-table(state,strat)
# s3ststn3<- tapply( mar$alus3, list(state,strat), sum  )
# s3ststn3[is.na(s3ststn3)]<-0
# These are the strata
# 1=ignore, 2=public general, 3=public technical, 4=public telesecondary,
# 5=private general, 6=private technical, 7=private telesecondary
# Here are initial quotas for national samples and subsamples
qnational<- 6000
qpubgen<- 3000
qpubtec<- 3000
qpubtel<- 3000
qprivgen<- 3000

# Here are initial quotas for state samples and subsamples within state
qstate<- 1000
qstatepg<- 500
qstatetec<- 500
qstatetel<- 500
qstateprivgen<- 500

# For state telesecondary and private general, there will be no oversampling
# unless those strata account for more than these percentages of the state
minstatetel<- 15
minstateprivgen<- 15

# Here the sampling begins...

# First, do the national sample, ignoring the ignore column, by allocating
# the qnational proportionally, including for private technical and
telesecondary
samnational<- s3ststn3[,-1] * qnational / sum( s3ststn3[,-1] )
# Then do the four national substrata samples, allocating their quotas
# proportionally (here private technical and telesecondary do not enter).
subnational<- cbind( (s3ststn3[,2] * qpubgen ) / sum(s3ststn3[,2] ),
(s3ststn3[,3] * qpubtec ) / sum(s3ststn3[,3] ),
(s3ststn3[,4] * qpubtel ) / sum(s3ststn3[,4] ),
(s3ststn3[,5] * qprivgen ) / sum(s3ststn3[,5] ) )

```

```

# Do the state samples, which are based on the state quota applied over all
the school

# types in the state, including private technical and secondary.
samstate<- s3ststn3[,-1] * qstate /
matrix( rep( apply( s3ststn3[,-1],1,sum ), 6 ), ncol=6 )

# Do the state subsamples for public general and technical, here the quota is
applied unless
# there are not enough students.
substate1<- cbind( apply( matrix( c(rep(qstatepg,32),s3ststn3[,2]),
ncol=2), 1, min ),
apply( matrix( c(rep(qstatetec,32),s3ststn3[,3]), ncol=2), 1, min ) )

# Do the state subsampling for public telesecondary and for private general,
where here
# the proportions of students in the strata must meet the quotas.
substate2<- cbind( apply( matrix( c(rep(qstatetel,32),s3ststn3[,4]),
ncol=2), 1, min ),
apply( matrix( c(rep(qstatetec,32),s3ststn3[,5]), ncol=2), 1, min ) ) *
cbind( 100* s3ststn3[,4] / apply( s3ststn3[,],1,sum ) > minstatetel ,
100* s3ststn3[,4] / apply( s3ststn3[,],1,sum ) > minstateprivgen )

# now put it together, taking the maximum for each cell
# this function does an element-by-element maximum over two matrixes
matrixmax<- function( A,B ) { return( (A>B)*A + (A<=B)*B ) }
# The part by part results will be put in s3sample.
s3sample<- list()
finsample<- samnational s3sample[[1]]<- list(finsample,"National
allocation")
finsample[,1:4]<- matrixmax( finsample[,1:4], subnational ) s3sample[[2]]<-
list(finsample,"National subsamples allocated")
finsample<- matrixmax( finsample, samstate ) s3sample[[3]]<-
list(finsample,"State samples allocated")
finsample[,1:2]<- matrixmax( finsample[,1:2],substate1 ) s3sample[[4]]<-
list(finsample,"State General and Technical added")
finsample[,3:4]<- matrixmax( finsample[,3:4],substate2 )
s3sample[[5]]<- list( finsample,"State Telesecondary and Private added")
# Set the results for excel
# This first part just gets things started with the right dimensions and
# labels
outsample<- s3sample[[1]][[1]][1:2,]

```

```
# Now this stacks on the 5 steps of allocation
for(i in 1:5)

{ sumit<- apply( s3sample[[i]][[1]],2, sum)
  outsample<- rbind(outsample,sumit)
  dimnames(outsample)[[1]][dim(outsample)[1]]<- s3sample[[i]][[2]]
  outsample<- rbind( outsample, s3sample[[i]][[1]] )
}

outsample<- outsample[-(1:2),]
outsample<- cbind(outsample,apply(outsample,1,sum))
round(outsample)
```

Anexo III

Manual de selección de alumnos 2005

Paso 1. Solicitar al Director del Plantel las listas de asistencia de los alumnos de todos los alumnos de 6° de primaria o en su caso de 3° de secundaria con el registro de asistencia del día.

Paso 2. Calcular la cantidad de alumnos que necesitará escoger de cada grupo asumiendo que deben evaluarse aproximadamente la misma cantidad en cada uno de ellos. Por ejemplo: si la escuela tiene asignados 35 cuadernillos de examen y hay cuatro grupos de 6°, tendrá que seleccionar 8 alumnos de un grupo y 9 alumnos de cada uno de los restantes.

Paso 3. Seleccione la lista de números aleatorios que le corresponde a la escuela. Para ello, localice el número de identificación de la escuela que se encuentra enseguida de la clave CCT en los formatos de control. Escoja la tabla de números aleatorios según la siguiente tabla:

Si el número de identificación de la escuela termina en ...	Lista que debe seleccionar
0 ó 1	Uno
2 ó 3	Dos
4 ó 5	Tres
6 ó 7	Cuatro
8 ó 9	Cinco

Paso 4. Seleccione los alumnos que serán evaluados de cada grupo utilizando la lista de números aleatorios. Seleccione a los alumnos de cada grupo según el orden de los números aleatorios de la lista. Si alguno de los alumnos que le tocaba participar no asistió a la escuela, sáltelo y siga escogiendo a los demás hasta completar la cuota. Para seleccionar a los alumnos de todos los grupos utilizará la misma lista. Ejemplo: suponga que la escuela le corresponde la lista de números aleatorios **tres** y que va a seleccionar a 8 alumnos del grupo. Además, en el grupo hay 45 alumnos y ese día faltó el número 11 de lista. Así, usted tendrá que seleccionar a los alumnos con números: 16, 7, 25, 1, 28, 41, 43 y 26. Observe que no se seleccionó al 11 porque faltó ni al 52 y 54 porque no existen en la lista de asistencia. Esta selección la deberá repetir para cada grupo.

Paso 5. Llenar los formatos de control con los nombres de los alumnos seleccionados. Antes de anotar los nombres de los alumnos seleccionados en los formatos de control, usted deberá ordenar las listas de asistencia al azar, es decir, que no siempre empezará con el grupo 'A', luego el 'B', etc. Para ello, deberá escribir en pequeños papeles los grupos, doblarlos, revolverlos e irlos sacando al azar. El orden de aparición determinará el orden en que deberán anotarse en el formato de control y la secuencia en que repartirá las pruebas. Por ejemplo, suponga que hay tres grupos: A, B y C. Al momento de desdoblar los papeles primero salió el grupo B, luego el A y hasta el último el C. Así, en los listados de control, usted deberá anotar los nombres de los alumnos del grupo B en primer lugar, luego los del A y posteriormente los del C. Para agilizar el trabajo anote los nombres de los alumnos según vayan apareciendo en sus listados de asistencia.

Listas de números aleatorios

Lista Uno			Lista Dos			Lista Tres			Lista Cuatro			Lista Cinco		
28	27	59	21	53	35	16	8	33	37	16	52	19	23	11
48	11	35	41	26	43	7	57	31	58	44	46	35	27	21
36	9	25	49	36	12	25	32	5	31	42	27	12	59	22
53	26	40	6	14	37	1	49	21	10	5	50	45	44	43
31	23	6	11	56	30	28	23	10	17	23	1	41	38	58
24	22	32	39	13	4	11	20	51	41	29	56	2	34	36
54	13	39	20	15	50	52	13	45	38	11	13	26	47	57
8	56	38	40	55	34	41	15	46	24	55	49	46	31	42
51	37	14	58	52	48	54	36	17	4	2	14	40	53	4
45	34	4	45	3	51	43	47	27	22	3	9	28	17	30
58	21	1	44	19	8	26	6	29	53	57	25	16	5	56
15	2	18	18	60	46	60	50	40	12	54	45	18	13	3
30	7	17	25	54	38	9	48	39	21	18	39	52	37	50
60	10	29	29	16	5	30	2	44	48	51	7	10	7	49
5	55	3	33	2	1	22	34	55	15	30	40	25	33	54
50	20	46	32	24	22	58	53	42	19	32	60	8	6	9
41	44	49	7	57	27	38	4	56	8	26	28	48	24	51
52	43	33	23	47	17	19	35	37	33	59	43	15	14	55
16	19	47	10	28	42	14	59	24	34	35	47	1	29	60
57	12	42	59	31	9	12	3	18	20	36	6	39	20	32

BIBLIOGRAFÍA



- ☞ Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*. (3a ed.) New York: John Wiley.
- ☞ Kalton, G. (1983). *Introduction to Survey Sampling*. Beverly Hills: Sage publications.
- ☞ Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. New York: John Wiley.
- ☞ _____ (1995). Methods for design effects. *Journal of Official Statistics*, 55-77.
- ☞ Méndez I., Eslava, G., y Romero, M., (2004). *Conceptos Básicos de Muestreo*. (Viz, N° 27, Serie Monografías). México: IIMAS-UNAM.
- ☞ Raj. (1980). *Teoría del Muestreo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- ☞ Särndal, C. E., Swensson, B., Wretman, J. (1992). *Model Assisted Survey Sampling*. New York: Springer-Verlag.
- ☞ Sharon, L. (1999). *Muestreo: Diseño y Análisis*. México: Thomson.
- ☞ Sukhatme P. V., et. al. (1984). *Sampling Theory of Surveys with Applications*, Ames, IA: Iowa State University Press.

GLOSARIO



Asignación óptima o de Neyman: Distribución del tamaño de muestra en cada estrato, la cual depende de la varianza poblacional de cada uno de ellos.

Asignación proporcional: Distribución del tamaño de muestra en cada estrato, la cual depende del total poblacional de cada uno de ellos.

Cobertura de una muestra: Es el porcentaje de participación de las unidades de muestreo que se ha logrado en la aplicación.

Coefficiente de homogeneidad: Medida de la similitud que tienen los grupos o conglomerados que se muestrean.

Conglomerado: Subconjunto de la población, se seleccionan en una muestra por cuestiones prácticas, ya que muchas veces la lista o los elementos de la población se encuentran a su vez organizados en otras unidades; por ejemplo, en este estudio los alumnos se encuentran organizados en escuelas. En un muestreo bietápico los conglomerados se pueden tomar como Unidades Primarias de Muestreo (UPM).

Diseño muestral autoponderado: Diseño muestral en el que las probabilidades de selección son las mismas para todas las unidades.

Diseño muestral: Esquemas mediante los cuales se lleva a cabo la selección de una muestra en una población; su finalidad es optimizar los análisis buscando el menor error posible.

Dominios de estudio: Subconjuntos de la población objetivo para los que se tiene interés adicional en producir información que se pueda generalizar a este subconjunto.

Efecto del diseño (Deff): Cociente de la varianza del estimador, considerando el diseño muestral

utilizado y la varianza del estimador calculada como si el diseño muestral fuera aleatorio simple.

Encuesta censal: Investigaciones que tienen como propósito conocer algo de una población, estudiando a toda la población.

Encuesta muestral: Investigaciones que tienen como propósito conocer algo de una población, estudiando sólo una parte de ella; se busca construir la muestra de tal forma que los resultados sean generalizables a toda la población.

Error absoluto: Error determinado en las mismas unidades de la medida que se quiere analizar. Por ejemplo, si se quiere analizar una media, el error absoluto está determinado como una cantidad de error respecto a la media.

Error relativo: Error representado como un porcentaje del valor de la medida que se quiere analizar. Por ejemplo, si se quiere analizar una media, el error relativo está determinado como una proporción de error respecto a la media.

Errores de muestreo: Son errores en el muestreo que ocurren por varias razones: fallas al medir las unidades en la muestra; imposibilidad de localizar ciertas unidades; por no respuesta o porque la información proporcionada es imprecisa; también por errores al momento de codificar, editar o tabular resultados.

Escuelas (unidades) de reemplazo: Unidades que sustituyen a aquellas que no pueden participar en la muestra. Son unidades similares a las unidades originales e incluso se pueden seleccionar con el mismo diseño muestral.

Estratos: Subconjuntos de la población, se buscan de tal forma que las unidades entre los mismos sean distintas entre sí. En este caso, cada estrato está

formados por las distintas combinaciones tipo escuela-entidad federativa.

Exámenes de Calidad y Logro Educativos (Excale): Exámenes cuyo objetivo es evaluar el logro académico de los estudiantes en México.

Factores de corrección: Factores que se aplican a los pesos muestrales para corregir la no respuesta.

Marco de muestreo: Medio físico que identifica directa o indirectamente a todos los elementos de la población. Puede ser un archivo, un directorio, un mapa, etcétera.

Muestra piloto: Muestra que se obtiene antes de llevar a cabo el muestreo definitivo. Sirve para conocer algunas características de la población objetivo, para estimar valores desconocidos que ayudan a determinar el tamaño de muestra, también para observar cómo operan en la práctica las estrategias de planeación e incluso para ver qué tan bien funcionan y se entienden los cuestionarios, preguntas, etc. La muestra piloto es un muestreo más flexible que el muestreo ya definitivo.

Muestreo aleatorio simple: Selección aleatoria de los elementos muestrales con probabilidades de selección iguales en cualquier extracción y sin reemplazo.

Muestreo bietápico: Diseño muestral en la cual se lleva a cabo la selección de la muestra en dos etapas, en la primera etapa se seleccionan n unidades primarias de muestreo (UPM); en la siguiente etapa se seleccionan n_i unidades últimas de muestreo (UUM) en cada una de las UPM que se tienen en la primera etapa.

Muestreo estratificado: Diseño muestral en el cual se selecciona una muestra probabilística en cada estrato, de manera independiente entre un estrato y otro. La muestra probabilística elegida en cada estrato puede tener cualquier diseño muestral que se desee.

Muestreo proporcional al tamaño o PPT: Tipo de muestreo en el cual la probabilidad de selección de las unidades de muestreo depende de la proporción de una cierta variable correlacionada a la variable de interés. Así, si la variable de interés para cada unidad de muestreo es Y_i y una medida correlacionada a las mismas unidades es X_i , entonces la proporción de la que dependen las probabilidades de selección es $X_i / \sum_i X_i$. El muestreo PPT se puede considerar con remplazo, sin remplazo o sistemático.

Muestreo sistemático: Consiste en obtener la muestra deseada, mediante un cierto orden establecido, en el cual se eligen las unidades en la muestra cada cierto número fijo de unidades. Para elegir la primer unidad se utiliza un arranque aleatorio, por medio del cual, a partir de un número aleatorio se selecciona a esta unidad.

Muestreos complejos: Tipos de muestreo, que consisten en la combinación de más de un tipo de diseño muestral.

Pesos muestrales o factores de expansión: Son el inverso de las probabilidades de selección de las unidades de muestreo.

Población: Conjunto de elementos o unidades que se necesitan estudiar. Los elementos son las unidades en las que se toman las mediciones.

Probabilidades de selección: Es la probabilidad de seleccionar una cierta unidad dentro de la muestra. Estas probabilidades varían de acuerdo al diseño muestral utilizado.

Tamaño de muestra: Es la cantidad de elementos o unidades de muestreo que se calcula o estima, son necesarios estudiar para obtener resultados que sean válidos para la población objetivo. El tamaño de muestra depende de errores, de una cierta confiabilidad y también puede depender de medidas o indicadores que dé la eficiencia de un diseño muestral.